

Heft 6/96

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt
für Forsten

Waldumbau



Beiträge zum Kolloquium

Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Forsten

Impressum

Herausgeber

Sächsische Landesanstalt für Forsten (LAF)
Bonnewitzer Straße 34
01827 Graupa
Telefon (03501) 542-0
Telefax (03501) 542-213

Redaktion und Gestaltung

Sächsische Landesanstalt für Forsten

Repro/Druck

Druckerei Vettters GmbH Radeburg

Fotos

Archiv der Landesanstalt

Redaktionsschluß

06/96

Auflage

3000 Stück

Bezug

über Sächsische Landesanstalt für Forsten

Gedruckt auf Papier aus 100 % chlorfrei (tcf) gebleichtem Zellstoff

Titel:

Waldumbau

Verteilerhinweis: Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Kandidaten oder Helfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Mißbräuchlich ist besonders die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, daß dies als Parteinahme der Herausgeber zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Inhalt

Waldumbau

		Seite
	Vorwort	
A. Wickel	Waldumbau aus ökologischer Verantwortung	7
H. Thomasius	Geschichte, Anliegen und Wege des Waldumbaus in Sachsen	11
W. Nebe	Verbundprojekt Waldumbau Erzgebirge, Ziele und Inhalte	53
R. Mosandl	Strategien und Hemmnisse beim Übergang zum „naturnahen“ Waldbau im sächsischen Mittelgebirge	64
Meyer-Heisig	Einfluß des boden- und ernährungskundlichen Zustands auf die Verfahren des Waldumbaus	76
S. Irrgang	Konzeption und erste Ergebnisse von Waldumbauversuchen in Fichten- und Kiefernreinbeständen	96
D. Gerold	Empfehlungen für den Waldumbau im Mittelgebirge auf der Grundlage von Bestandeszieltypen	118
S. Schusser	Entwicklung naturnaher Waldstrukturen unter Berücksichtigung der natürlichen Verjüngung der Fichte	141

Vorwort

Eine vorbildliche und funktionengerechte Waldwirtschaft, die mit geringstmöglichem Aufwand hohe Erträge erzielt, ist das definierte Ziel der sächsischen Forstverwaltung. Ein naturnaher und ökologisch orientierter Waldbau als aktives Ökosystemmanagement bildet hierfür eine der entscheidenden Grundlagen.

Sowohl die veränderte Funktionalität unseres Waldes - Gleichrangigkeit von Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion - als auch der ökosystemare Ansatz der Waldbewirtschaftung - Schaffung und Erhaltung naturnaher, laubholzreicher Mischbestockungen mit geschlossenen Stoffkreisläufen einschließlich der Sicherung der Qualität waldbürtiger Gewässer - fordern einen Waldumbau. Dieser kann und darf keine kurzfristige Modeerscheinung sein. Ansätze zum Umbau der überwiegend vorhandenen Nadelholzreinbestände gab es in Sachsen in den letzten hundert Jahren mehrfach. Der Umbau kann nur auf der Grundlage eines langfristigen Programms, das über mehrere Waldbaumgenerationen reicht, erfolgen.

Eine der Aufgaben der Sächsischen Landesanstalt für Forsten ist es, die dafür notwendige fachliche Basis im Sinne einer Betriebsforschung zu schaffen und zu erweitern. Dazu gehört sowohl das Sammeln der zahlreichen praktischen Erfahrungen aus Vergangenheit und Gegenwart als auch das wissenschaftliche Experiment. Ein erster Schritt nach der Gründung der Sächsischen Landesanstalt für Forsten war ein vom Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten gefördertes Projekt zum „Umbau von immissionsgeschädigten Waldflächen der sächsischen Mittelgebirge zu naturnahen Bestockungen unter besonderer Berücksichtigung der Buche“.

Umrahmt von Beiträgen von Wissenschaftlern und Praktikern hatten Frau Dr. Gerold, Herr Dr. Irrgang und Herr Dr. Meyer-Heisig die Möglichkeit, ihre während der dreijährigen Laufzeit des Projekts gewonnenen Erkenntnisse in einem Kolloquium am 16.11.1995 vor der Landesforstverwaltung, den Forstdirektionen und zahlreichen Forstamts- und Revierleitern sowie Gästen vorzustellen. Herr Dr. Wickel würdigte als Leiter des Referates Waldbau des Sächsischen Staatsministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten das Thema Waldumbau einleitend innerhalb der Gesamtstrategie waldbaulichen Handelns in Sachsen. Prof. Thomasius und Prof. Mosandl repräsentierten zwei Generationen waldbaulicher Lehre in Tharandt und zeigten die historische Entwicklung und die Perspektiven eines Waldbaus auf ökologischer Grundlage auf. Prof. Nebe stellte das Forschungsprojekt Waldumbau Erzgebirge vor, in dem mehrere Institute der Forstlichen Fakultät in Tharandt zusammenarbeiten.

Abgerundet wurde das Programm durch Herrn Forstamtsleiter Schusser, der von praktischen Erfahrungen im Umbau von Fichtenreinbeständen berichtete.

Heft 6 unserer jungen Schriftenreihe enthält die Beiträge aller Referenten. Wir bedanken uns ganz herzlich bei den Referenten und hoffen, mit dem Druck aller Beiträge nicht nur den Besuchern des Kolloquiums alle Ergebnisse und Erfahrungen noch einmal in nachschlagender Form näherzubringen. Der ausführliche Abschlußbericht zum erwähnten Projekt sowie der dazugehörige Katalog der Versuchs- und Probeflächen kann bei der Sächsischen Landesanstalt für Forsten bei Bedarf angefordert werden.

Graupa, den 31.07.1996

A handwritten signature in black ink, consisting of several vertical strokes and a horizontal flourish at the bottom.

Prof. Dr. habil. H. Braun

Waldumbau aus ökologischer Verantwortung

Dr. A. Wickel

Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und
Forstwirtschaft
(gekürzt)

Die Sächsische Landesanstalt für Forsten (LAF) setzt mit dieser Tagung die Reihe der Veranstaltungen zu Grundlagen und Verfahren des naturnahen Waldbaus fort. Im letzten Jahr waren es die Ergebnisse der Forschungen zu Genetik und Waldbau der Weißtanne, heute sind es die Ergebnisse des bereits 1992 begonnenen Forschungsprojektes zum Waldumbau. Im Verbund mit der LAF arbeitet die TU Dresden an den Grundlagen des Waldumbaus.

Ich freue mich daher sehr, daß die Herren Professoren Mosandl und Nebe hier vortragen. Das Thema Waldumbau bzw. ökologisch orientierter Waldbau verbindet sich in Tharandt mit der Person von Professor Thomasius, der ebenfalls zu uns sprechen wird.

Als seinerzeitiger Leiter der LAF kann ich mich noch genau an den Beginn des Projektes im Jahr 1992 erinnern, zumal wir über Ziele und Wege seinerzeit gerungen haben. Es ist das erste voll aus Landesmitteln finanzierte Projekt (Förderprogramm naturnahe Waldwirtschaft) - ich bin gespannt auf die Ergebnisse.

Gestatten Sie mir einleitend zu dieser Tagung einige grundsätzliche forstpolitische Aussagen zum Umfeld des Waldumbaus.

Markenzeichen Waldumbau

Der Waldumbau ist zum Markenzeichen der Waldwirtschaft in Sachsen nach der Wende geworden. Wir haben uns die Rekonstruktion von standorts- und herkunftsgerechten Mischbeständen auf unsere Fahnen geschrieben. Die Mitarbeiter arbeiten ausgehend vom Landeswald, dessen Bewirtschaftung dem Allgemeinwohl besonders verpflichtet ist, intensiv an dieser Aufgabe. Eine ökologische Waldentwicklungsplanung für den Zeitraum 1994 - 2003 liegt für den Landes- und den Treuhandwald vor.

Der Freistaat Sachsen fördert seit 1993 ein Waldumbauprojekt im Privatwald, das gute Früchte zeigt und fortgeführt werden sollte. Ein neues Landesprogramm zur Pflege junger Bestände gibt dem Privat- und Körperschaftswald die Möglichkeit, den Waldumbau durch Pflege in Gang zu bringen. Im Treuhandwald sind die finanziellen Grenzen für den Waldumbau eng gesetzt. Hinzu kommt eine unsachgemäße Bevormundung durch die Bewirtschaftungsrichtlinien.

Handeln aus ökologischer Verantwortung

Der Mensch hat in unseren Breiten den Wald stets genutzt, bis in den letzten Winkel. Der Wald wurde stets umgebaut und den veränderten Bedürfnissen angepaßt - dies muß man unseren Partnern vom Naturschutz immer wieder sagen. Rodung, Brenn- und Kohlholzwirtschaft, Wald-Feldbau, Waldweide, Niederwaldwirtschaft, Mittelwaldwirtschaft, Nadelholzforsten und Plantagen als Ergebnis industriemäßiger Produktionsmethoden sind nur einige Stationen auf dem Weg eines permanenten Waldumbaus. Mit der Planmäßigkeit der Forstwirtschaft seit Beginn des 19. Jahrhunderts hat sich die Geschwindigkeit des Umbaus der Hektik der Industriegesellschaft angepaßt. So wurde seinerzeit z. B. der Wernsdorfer Wald in nur 40 Jahren von einem Laubwald in einen Nadelholzforst umgewandelt. Unser heutiges Tempo des Waldbaus ist im Vergleich dazu langsam.

Ein Merkmal des Waldumbaus ist auch, daß der Wald jeweils den geänderten Bedürfnissen der Menschen aufgrund seiner Langlebigkeit und geringen Veränderbarkeit „nachhinkt“. Das war zu Zeiten von Peter Stromer im 14. Jahrhundert schon so (erste Nadelbaumsaaten im Nürnberger Reichswald) und hat sich bis heute prinzipiell nicht geändert.

Wir müssen aus der Geschichte lernen, daß der Waldumbau die Nutzungsmöglichkeiten der nachfolgenden Generationen nicht einseitig nach Baumarten und Strukturmerkmalen festlegen sollte. Es soll den nachfolgenden Generationen ein stabiler, vielfältig nutzbarer Wald hinterlassen werden. Eine deutliche Annäherung unserer jetzigen Forsten an die Vielfalt der natürlichen Waldökosysteme ist der Ausdruck sowohl von ökologischer Verantwortung als auch von ökonomischer Weitsicht. Diesen Grundsatz möchte ich all denjenigen in das Stammbuch schreiben, die schon nach 5 Jahren Waldumbau unruhig werden und nach der Kiefer und der Fichte rufen - so, als könnten sie sie selbst noch ernten!

Der Nadelbaumanteil an der Verjüngungsfläche hat sich von 76 % im Jahr 1991 auf 32 % im Jahr 1994 verringert; das sollte noch längere Zeit so bleiben.

Waldumbau ist keine Modeerscheinung, sondern der Ausdruck von verantwortungsvollem Umgang mit der Naturressource Wald. Was wir Forstleute tun, entdecken andere Wirtschaftszweige nun langsam, nämlich die Ökologisierung der Produktion von Gütern und Leistungen. Wir tun daher gut daran, unser Image als moderne, weitsichtige, ökologisch orientierte Produzenten des regenerierbaren Rohstoffes Holz deutlicher herauszustellen und zu vermarkten.

Zukunftsinvestitionen - unsere Stärke

Wenn wir die Altersklassen- und Vorratsstruktur unserer Wälder betrachten, so wird deutlich: Unsere Forstbetriebe sind Aufbaubetriebe mit einem erheblichen Sanierungsbedarf. Der Umbau der Forsten zu stabilen, naturnahen, vielfältig nutzbaren Wäldern braucht Zeit, Geld und Geduld. Die von den Revieren und Forstämtern durchgeführte ökologische Waldentwicklungsplanung gibt den Takt des Waldumbaus der nächsten 10 Jahre vor:

- Auf 69 % der Waldfläche sind investive Pflegemaßnahmen erforderlich (Jungwuchspflege, Jungbestandspflege, Jungdurchforstung);
- Verjüngungsmaßnahmen sind auf 7,7 % der Holzbodenfläche vorgesehen;
- geplant wurden 58 % Laubbäume und 42 % Nadelbäume.

Der Vollzug hinkt noch immer der Planung hinterher, in der Arbeitskapazität an gut ausgebildeten Waldarbeitern gibt es noch erhebliche Leistungsreserven. Wir sollten alles daransetzen, unsere Forstwirte effektiver einzusetzen, um insbesondere die Waldpflege zur Stabilisierung und Förderung der Mischbaumarten deutlich zu intensivieren. Denkbar ist auch, die Verjüngungsmaßnahmen in verlichteten Beständen zu beschleunigen. Dies erscheint mir sinnvoller, als laufend die angebliche Überkapazität zu beklagen, obwohl man doch genau weiß, daß die altersbedingten Abgänge nur 2 - 3 % betragen. Es ist unsere Aufgabe, die Forstwirte zu motivieren, statt ihnen durch anhaltende Diskussionen das Gefühl zu geben, überflüssig zu sein. Darüber sollten wir einmal verantwortungsbewußter als bisher nachdenken. Zukunftsinvestitionen im Wald zugunsten der nachfolgenden Generationen zu tätigen, ist klug und zeugt von Weitsicht. Arbeitsplätze im Wald und im ländlichen Raum nach ökonomischen Gesichtspunkten abzubauen bedeutet heute, dem Arbeitsamt neue Klienten zuzuführen - dies wäre politisch unklug. Im Landeswald ist die Frage der Arbeitsplätze primär forstpolitisch, nicht ökonomisch zu beantworten. Im Waldumbau bietet sich ein weites Betätigungsfeld an. Zukunftsinvestitionen sind unsere Stärke.

Ökobilanz und Defizit

Wer aktiv Waldumbau betreibt, verbessert die ökologische Bilanz des Forstbetriebes und rutscht dabei ins Defizit. Unser derzeitiges Rechnungswesen straft den, der Zukunftsinvestitionen tätig, die naturgemäß heute keine Deckungsbeiträge liefern - so kann es doch wohl nicht weitergehen!

Wir müssen einen Weg finden, die den Aufbaustrukturen und dem Sanierungsbedarf im Landeswald geschuldeten Aufwendungen erfolgsneutral zu stellen bzw. abzuschreiben. Wenn man z. B. im Jahr 1994, in dem ein Defizit von 553 DM/ha festgestellt wurde,

- die Kalkung als Sanierungsaufwand eliminiert,
- Teile des Pflegeaufwandes und des Aufwandes für die Bestandesbegründung auf einen Ausgleichszeitraum von 40 Jahren umlegt und
- endlich die Wegebauinvestitionen abschreibt,

so reduziert sich das Defizit auf ca. 300 DM. Dies ist nicht etwa Zahlenschieberei, sondern die Anwendung von Regeln der Betriebswirtschaft auf die Bilanzierung investiver Maßnahmen.

Des Weiteren sollten wir die nicht vom Markt bewerteten Leistungen des Waldes für die Erholung, die Trinkwasserbildung und den Klimaschutz näherungsweise im Rahmen einer Ökobilanz quantifizieren.

Wir Forstleute verkriechen uns zu oft in den Büros, im Wald oder zunehmend zwischen EDV-Listen und vernachlässigen sträflich die Imagepflege. Wir könnten mit dem „Pfund des Waldumbaus wuchern“. In diesem Sinn kommt der Tagung eine wichtige Rolle zu.

Ausblick

Der Waldumbau ist in den seit 1991 bestehenden Organisationsstrukturen erfolgreich und effizient begonnen worden. Dies wird von der Bevölkerung anerkannt und hat wesentlich zum Abbau von Spannungen zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft beigetragen. Was sich bewährt hat, sollte man im Grundsatz bewahren und behutsam weiterentwickeln und nicht durch dem Zeitgeist folgenden Aktionismus mit dem Schlagwort „Privatisierung“ aufs Spiel setzen.

Geschichte, Anliegen und Wege des Waldumbaus in Sachsen ¹⁾

Prof. Dr. habil. Dr. h. c. HARALD THOMASIUS

1. Einleitung

Waldumwandlungen haben in der Geschichte der Forstwirtschaft schon immer eine wichtige Rolle gespielt; häufig waren sie geradezu Marksteine für die Abgrenzung verschiedener forsthistorischer Epochen. Das gilt allgemein und speziell für die sächsische Staatsforstverwaltung, die jeden Kurswechsel der deutschen Forstwirtschaft konsequent mit vollzogen hat.

In frühgeschichtlicher Zeit war es die Umwandlung bislang naturnaher Wälder in lichte Hutewälder, im Mittelalter der Umbau verlichteter Laubmischwälder in Nieder- und Mittelwälder, zu Beginn des 19. Jahrhunderts die Umwandlung vorwiegend brennholzproduzierender Nieder- und Mittelwälder sowie verlichteter Plenterwälder in schlagweise Hochwälder und heute stehen wir vor dem Umbau schlagweise bewirtschafteter, gleichartiger und gleichaltriger Wälder in geotop- und funktionsgerechte Dauerwälder.

Auslöser dieser großmaßstäblichen Waldumwandlungen waren stets

- ein **unbefriedigender Waldzustand**, der durch erhebliche Unterschiede zwischen dem gegebenen und dem erwünschten Waldzustand zum Ausdruck kam
- und
- eine **leitende Idee**, die durch Formulierung von Ziel und Weg der Umwandlung die theoretische Grundlage dafür lieferte.

2. Begriffe

Grundlegende Umgestaltungen der Wälder bzw. die zu ihrer Realisierung angewandten Verfahren bezeichnet man mit Begriffen wie **Rekonstruktion**, **Umwandlung**, **Überführung** (THOMASIUS 1977, BRÜNIG und MAYER 1980). In den letzten Jahren kam der Begriff **Umbau** noch hinzu (Tab. 1). Unter Berücksichtigung dieser Quellen werden dafür in Tab. 1 entsprechende Definitionen gegeben.

¹⁾ Die ungekürzte Fassung dieser Arbeit wird unter dem gleichen Titel als Broschüre bei der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, Landesgruppe Sachsen, erscheinen.

Tab. 1: Definition einschlägiger Begriffe

<p>Rekonstruktion: <i>Ablösung leistungsschwacher Bestockungen durch neue oder im Laufe der Zeit wesentlich veränderte, den gesellschaftlichen Anforderungen besser entsprechende Waldbestände. Das kann durch Umwandlung oder Überführung erfolgen.</i></p>	
<p>Umwandlung: <i>Kurzfristige Beseitigung vorhandener leistungsschwacher Waldbestockungen durch Kahl oder Schirmhieb mit nachfolgender Kunstverjüngung auf der Freifläche oder unter dem Schirm des Vorbestandes (z. B. im Voranbauverfahren).</i></p>	<p>Überführung: <i>Verbesserung vorhandener Waldbestockungen durch Naturverjüngung oder Maßnahmen der Bestandeserziehung und -pflege (Mischungs-, Stammzahl- und Standraumregulierung sowie Phänotypenauslese).</i></p>
<p>Umbau: <i>Planmäßige Veränderung von Forsten, die den naturgesetzlichen und gesellschaftlichen Erfordernissen nicht entsprechen, nach adäquaten natürlichen Vorbildern (PNV), die funktionsabhängig (Produktion, Protektion, Rekreation) modifiziert werden.</i></p>	

Aus diesen Darlegungen folgt, daß der Begriff "**Waldumbau**" Strukturveränderungen nach einem fundierten Leitbild bedeutet. Das **Leitbild** eines solchen Umbaus ergibt sich nach heutigen Auffassungen aus adäquaten natürlichen Vorbildern (PNV) und der **Zielwald** ist eine funktionsabhängige Modifikation desselben.

3. Geschichte

Im Rahmen dieses Vortrages ist es nicht möglich, über alle seit frühgeschichtlicher Zeit erfolgten Waldumwandlungen sowie die ihnen zugrunde liegenden Leitbilder zu sprechen. Hinweise dazu werden generell von THOMASIVS UND SCHMIDT (1996) und speziell, die Geschichte der Wälder und Forsten des sächsischen Erzgebirges bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts betreffend, von (THOMASIVS 1995) gegeben. Wir wollen hier mit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts beginnen.

3.1 Forstliche Aufklärung (1763 - 1806)

Diese Epoche war auch in der Forstwirtschaft durch das Abstreifen metaphysischer Auffassungen und irrationaler Verhaltensregeln sowie die Übernahme vernunftmäßiger Einsichten, z. B. des Nachhaltigkeitsprinzips (Hannß Carl v. Carlowitz 1713), gekennzeichnet. Zu dieser Zeit

befanden sich die sächsischen Wälder in einem erbärmlichen Zustand. Das stand in einem krassen Widerspruch zum steigenden Bedarf an Holz und anderen Waldprodukten. Holz war damals nicht nur ein wichtiger Roh- und Werkstoff, sondern eine unentbehrliche Energiequelle. Hinzu kamen viele andere Waldnutzungen, wie Viehweide, Futterlaub, Pilze und Beeren etc. Leitbild der damaligen Forstwirtschaft waren darum arten- und biomassereiche Mischwälder, die **vielgestaltige produktive Funktionen** zu erfüllen vermochten. Dazu waren Mittel- und Niederwälder im Flach- und Hügelland und Plenterwälder im Gebirge geeignet. Sie in volle Produktion zu bringen, ohne die herrschende Waldbaustrategie dabei prinzipiell verändern zu wollen, war das Ziel der damaligen Forstwirtschaft.

3.2 Forstliche Klassik (1806 - 1830) und forstlicher Rationalismus (1830 - 1849)

Die Forstwirtschaft der klassischen Epoche und deren Leitbild wurden einerseits vom Humanismus sowie dem Streben nach Naturverständnis und Ganzheitsbetrachtung, andererseits von der sich anbahnenden industriellen Revolution mit höheren und spezifischeren Anforderungen an die Produktivität der Wälder geprägt.

Aus dem Streben nach Verständnis der Natur erwuchs wohl auch die Erkenntnis von der Existenz höherer Ordnungsprinzipien in Natur und Landschaft. Ein sichtbarer Ausdruck dieser geistigen Richtung war die Park- und Landschaftsgestaltung, bei der schon damals übergeordnete Ordnungsprinzipien auf naturbürtige Objekte übertragen worden sind. Auch nach Goethes Auffassung war der Ordnungsgedanke ein wichtiger Bestandteil der Gestaltungsprinzipien einer Kulturlandschaft. Geometrische Waldeinteilungen und regelmäßige Forstkulturen waren damals ein sichtbarer Beweis der "edlen Kunst" der Bodenkultur. Selbst GOETHE empfand Baumpflanzungen, die nach solchen Prinzipien erfolgten, als einen wohltuenden Gegensatz zu chaotisch erscheinenden, ungepflegten Wäldern (THOMASIUS 1978, KREMSER 1990).

Parallel zu diesen geistigen Strömungen wurde mit dem Übergang von der bisher handwerklich durchgeführten zur industriell betriebenen Produktion eine Revolution eingeleitet, die alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens, so auch die Forstwirtschaft, beeinflusste. Nach dem Aufschluß fossiler Energieträger sowie dem Bau von Eisenbahnen und Straßen ging der Bedarf an Holz als Energiequelle zurück und an die Stelle vieler Sortimente für den ländlichen Bedarf traten Massenprodukte für die aufstrebende Industrie. In diesem Zusammenhang ist auch die Entwicklung der Landwirtschaft zu sehen. Sie erhielt durch den Übergang von der Dreifelderwirtschaft zur "rationellen" Agrarwirtschaft THAERScher Prägung einen bemerkenswerten Aufschwung und diente der Forstwirtschaft in mehrerlei Hinsicht als Vorbild.

Mit diesem großen wirtschaftlichen Umbruch wandelten sich auch die Anforderungen an die Forstwirtschaft. An die Stelle vielfältiger Sortimente für Kleinproduzenten traten Massensortimente für die Industrie, wozu das Holz von Fichte und Kiefer weitaus besser als das der zahlreichen Laubbaumarten geeignet war. So entstand ein neues Leitbild der Forstwirtschaft. Es wurde bestimmt von einem nach räumlichen und zeitlichen Prinzipien geordneten Wald, der die von der Industrie geforderten, mehr durch Menge als Diversität charakterisierten Holzsortimente nachhaltig zu produzieren geeignet war.

Zwischen dem damaligen Waldzustand und den sich mit der industriellen Revolution herausbildenden Anforderungen an den Wald klaffte ein eklatanter Widerspruch. Er zwang die Forstwirtschaft, neue Wege zu suchen. Dabei blickte man weniger auf die Natur als Grundlage der forstwirtschaftlichen Produktion, sondern stärker auf die Industrie und Landwirtschaft als Fortschrittsträger dieser Zeit.

Prinzipiell wären damals zwei sich keineswegs ausschließende Wege gangbar gewesen:

- Der eine hätte darin bestehen können, die großflächig heruntergewirtschafteten, sich jedoch im Laufe der Zeit selbst regenerierenden Wälder als ein von der Natur gegebenes Gut zu übernehmen und die in ihnen ablaufenden Prozesse in gewünschte Richtungen zu steuern. Bis zur Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert basierte die Bewirtschaftung vieler Wälder, wenn häufig auch grob und wenig planmäßig, noch auf solchen Prinzipien. Den neuen gesellschaftlichen Anforderungen wäre durch Verbesserung der damals herkömmlichen Waldbauverfahren und Ausarbeitung neuer, die Struktur und Dynamik naturbürtiger Wälder berücksichtigender Methoden Rechnung zu tragen gewesen, wie Beispiele aus der Schweiz, Slowenien und anderen Ländern zeigen.
- Der andere Weg bestand darin, dem Vorbild der Landwirtschaft folgend, räumlich in Schläge geordnete und zeitlich nach Umtrieben bewirtschaftete, überwiegend aus Reinbeständen bestehende Wälder zu schaffen. Damit ging einher, daß Verjüngung und Wachstum der Waldbestände nicht mehr den gratis wirkenden Naturkräften überlassen werden konnten, sondern mit Muskel- oder Maschinenkraft vollzogen werden mußten.

Die Forstwissenschaft und -praxis haben sich damals aus verständlichen, der Zeit geschuldeten Gründen eindeutig und nahezu ausnahmslos für den zweiten Weg, d. h. das System des Schlagweisen Hochwaldes, entschieden und diesen zu einer breiten Straße ausgebaut. Den ersten hingegen ließ man zu einem schmalen Trampelpfad verkommen. So entwickelte sich in mehr als 150 Jahren statt einer ökologisch orientierten und fundierten Waldwirtschaft eine mechanistisch geprägte Forstwirtschaft.

Die ursprüngliche Form der schlagfreien Waldbewirtschaftung galt seit der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts mehr oder weniger als Relikt einer unregelmäßigen und überholten Wirtschaftsweise der vorklassischen Zeit. Die neue Art der Waldbewirtschaftung hingegen betrachtete man als Ausdruck der Rationalität und des Fortschrittes, analog zu den Veränderungen, die sich in Industrie und Landwirtschaft vollzogen hatten. Dabei ignorierte man einen prinzipiellen Unterschied zwischen Land- und Forstwirtschaft. Während erstere mit künstlichen, von Menschenhand geschaffenen und ständig Zusatzenergie erfordernden Ökosystemen arbeiten muß, kann sich letztere natürlicher Ökosysteme bedienen, die beim Stoffbildungsprozeß theoretisch keines Zusatzaufwandes bedürfen.

Die heutige Problematik beginnt mit dieser Weichenstellung im vorigen Jahrhundert. Dabei sei angemerkt, daß sich die forstlichen Klassiker durchaus der Bedeutung von Mischbeständen bewußt waren und eindringlich vor großen Schlägen sowie längerer Freilage des Bodens warnten (COTTA 1817). Die Entwicklung nahm aber mit dem Eintritt in die Rationalistische Epoche einen Lauf, der von den Klassikern nicht mehr beeinflußt und aufgehalten werden konnte.

3.3 Rationalistische (Reinertrags-) Forstwirtschaft (1849 - 1918)

Mit der industriellen Revolution hatte sich bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts auch in Sachsen ein die Wirtschaft dominierendes kapitalistisches System ausgebildet. Es wirkte sich durch seinen spezifischen Rohstoffbedarf und eine nüchterne Wirtschaftstheorie erheblich auf die Forstwirtschaft aus. Die gesellschaftlichen Forderungen an die Forstwirtschaft wurden nunmehr durch einen hohen Bedarf an Massensortimenten geringerer Dimension, wie Papier- und Zellstoffholz, Grubenholz, Schwellen und Masten, sowie mittlerer Dimension für die Herstellung von Schnittholz bestimmt.

Geistig traten in dieser Zeit die humanistischen Auffassungen der Klassik immer mehr hinter dem Rationalismus der Wirtschaft zurück und das nüchterne Kalkül der Ökonomie fand in den Formeln von C. HEYER (1841) FAUSTMANN (1849) und PRESSLER (1858) seinen Niederschlag. Die schon in der Klassik entwickelte Raum-Zeit-Ordnung des Schlagweisen Hochwaldes wurde nun perfektioniert und nicht bloß als ein Modell betrachtet, mit dessen Hilfe man vielfältige Kalkulationen über die Leistungsfähigkeit von Nachhaltigkeitsbetriebsklasse anstellen konnte, sondern auch als Muster, nach dem man unter völliger Vernachlässigung natürlicher Gegebenheiten einen Zielwald im Gelände zu realisieren trachtete.

Zur Ehrenrettung der sächsischen Forstleute muß aber gesagt werden, daß es während der Zeit der Reinbestands- und Reinertragseuphorie auch hier kritische und vorausschauende Forstleute gegeben hat. Ihre Kritik richtete sich in erster Linie gegen die waldzerstörende Kahlschlag-

wirtschaft und den einseitigen Koniferenanbau (v. BERG 1866, v. WITZLEBEN (1869), v. MANTEUFFEL (1870), BRUNST (1882), AUGST (1913), RANFFT (1913), VATER (1913), SPINDLER (1913, 1922, 1923, 1924a u. b, 1926, 1930)

Die vielfältigen, hier nicht im Detail darstellbaren Bestrebungen um eine Abkehr vom perfektionierten Kahlschlagsystem, das als *“Sächsische Bestandeswirtschaft”* (JUDEICH 1871) dominierte, wurden durch Schriften von KARL GAYER (1886) über den gemischten Wald und CHR. WAGNER über den Blendersaumschlag (1912) gefördert.

3.4 Die Präökologische Epoche (1918 - 1970)

Etwa seit dem 1. Weltkrieg ist auch in Sachsen ein Umschwung der waldbaulichen Ansichten zu verzeichnen. Er ist vor allem auf erhebliche, durch Sturm- und Schneeschäden, Trockenheit und Insektenkalamitäten verursachte Rückschläge in der zweiten Koniferengeneration zurückzuführen. Diese Zeit des Umbruchs muß in Verbindung mit MÖLLERS Lehre vom Dauerwald gesehen werden. Die von ihm nach dem 1. Weltkrieg erschienenen Publikationen (1920, 1921, 1922a, b, c) lösten einen das forstliche Denken und Tun für Jahre beherrschenden Disput aus.

In Sachsen fällt diese 1. Dauerwaldära in die Amtszeit von Landforstmeister ROBERT BERNHARDT (1919-1924), der sich für eine ökologische Orientierung der sächsischen Forstwirtschaft einsetzte (1914, 1921). Er erließ *“Allgemeine Richtlinien und Vorschriften”*, in denen die langjährigen praktischen Erfahrungen der sächsischen Forstleute zusammengefaßt, das Betriebsgeschehen aus der Starre der Bodenreinertragstheorie befreit, wesentliche Gesichtspunkte eines ökologisch orientierten Waldbaus berücksichtigt und den Forstamtleitern größere Freiheiten zu schöpferischer Tätigkeit eingeräumt worden waren. Auf Veranlassung BERNHARDTS wurden auch die bekannten Arbeiten von WIEDEMANN (1923) über *“Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte in Sachsen”* und KRUTZSCH (1926) *“Bärenthoren 1924”* ausgeführt.

Mit diesen Bestrebungen wurde eine neue, von ökologischen Prinzipien geleitete waldbauliche Ära und auch das Streben nach einem erneuten Waldumbau eingeläutet. Der Weg von damals zu heute war jedoch kurvenreich und er wies auch Spitzkehren auf. Genannt seien hier nur

- die kurze 2. Dauerwaldära unter v. KEUDELL im NS-Staat,
- die 1937 beginnende und vom 2. Weltkrieg verschluckte erste Ära einer betont standortsgemäßen Waldwirtschaft (MAHLER, LEIBER, LEONHARD),
- die Vorratspflegeära (KRUTZSCH, HEGER, BLANCKMEISTER) und deren Übergang in die zweite Ära der standortsgemäßen Waldwirtschaft (EHWALD, SCAMONI, WAGENKNECHT) während der fünfziger und sechziger Jahren in der DDR.

(Quellenangaben dazu wurden von Thomasius (1992) gegeben.)

Die Realisierung der deklarierten Ziele wurde jedoch, abgesehen von Ausnahmen, nicht mit der erforderlichen Konsequenz und Ausdauer in Angriff genommen. Niedrige Vorräte nach dem

2. Weltkrieg, große Reparationsverpflichtungen, die deutsche Teilung, Zeiten des kalten Krieges, hohe Rüstungsausgaben, permanente ökonomische Probleme in der DDR, technisch bestimmte Ideologien u. a. waren kein Klima dafür. Da hierüber bereits publiziert worden ist (THOMASIVS 1992), kann auf weitere Details verzichtet werden.

3.5 Neorationalistische Epoche (1970 - 1985)

Aus der generell ökologiefreundlichen Einstellung der Forstwirtschaft seit dem ersten Weltkrieg fällt in der DDR ideologisch die Zeit der Industriemäßigen Produktionsmethoden (IPM) heraus. Während man in allen anderen Zeitabschnitten zumindest um einen grünen Umhang bemüht war, ließ man diesen während der IPM-Zeit schamlos fallen. Während dieser Zeit sollten die **Schläge** möglichst groß, sauber beräumt und maschinell bepflanzbar sein, die **Kulturen** völlig "unkrautfrei" und aus einem Guß, die **Stangenhölzer** homogen sowie gut befahrbar und die **Baumhölzer** frei von erntebehinderndem Unterstand, gleichzeitig hiebsreif und mit Prozessoren nutzbar. De facto bedeutete das einen Rückfall in die Zeit der Bodenreinertragslehre, die ebenfalls davon ausging, daß man Boden und Bestand als selbständige Komponenten jeweils für sich allein betrachten und mit ihnen kalkulieren kann. In dieser Epoche triumphierte die Technik über die Ökologie und das zentrale Nutzungsmodell über die Entscheidung am konkreten Waldbestand.

3.6 Euökologische Epoche (etwa seit 1985)

Mitte der achtziger Jahre begann in der Forstwirtschaft der DDR ein durch Rückbesinnung auf ökologisch orientierten Waldbau gekennzeichneter Reformprozeß, wie an Hand zahlreicher Publikationen in einschlägigen Fachzeitschriften und Veranstaltungsprogrammen forstlicher Berufsverbände nachgewiesen werden kann (THOMASIVS 1990a).

Auslöser dessen waren ausgedehnte Waldschäden und hohe, oft unplanmäßige sowie sortimentgebundene Holzeinschläge, die den Waldzustand erheblich und für jedermann sichtbar verschlechtert hatten. Daraus ergab sich, neben dem Unmut zahlreicher Forstleute selbst, ein starker Druck der Öffentlichkeit auf die zuständigen Ministerien. In der Praxis äußerte sich dieser Reformprozeß durch Reduktion der Kahlschlaggrößen, Begründung von Mischbeständen, Toleranz gegenüber Weichlaubhölzern u. a. Mischbaumarten sowie einer merklichen Zunahme von Unter- und Voranbauten. Damit näherte man sich wieder den Waldbaurichtlinien von 1961 und 1966.

Diese Reformzeit mündet in die Gegenwart, die nun wohl, trotz weit zurückreichender Wurzeln, als die eigentliche ökologische Epoche des Waldbaus bezeichnet werden kann. Ihr Leitbild sind **strukturell naturnahe** und **funktionell multipel wirksame Wälder**. Zwischen dem Realwald und diesem Zielwald bestehen in Sachsen auf großen Flächen erhebliche Diskrepanzen. Daraus folgt die Notwendigkeit eines großmaßstäblichen Waldumbaus.

3.7 Schlußfolgerungen aus der Forstgeschichte

Diese kurzen historischen Betrachtungen zeigten, daß die Forderung nach Umbau der sächsischen Wälder keine Modeerscheinung, sondern eine naturwissenschaftlich und gesellschaftlich begründete Notwendigkeit ist (Abb. 1). Trotzdem muß man sich vor der Annahme hüten, die heutigen Vorstellungen vom Zielwald seien definitiv.

Die heutigen ökologischen Erkenntnisse vom Wald tragen sicherlich dazu bei, die Treffsicherheit unserer Voraussagen zu erhöhen und die Wahrscheinlichkeit von Fehlentscheidungen zu vermindern. Trotzdem dürfen wir nicht so eitel sein und glauben, mit den heutigen Kenntnissen über unbegrenzt gültige Wahrheiten zu verfügen, denn die Zeit schreitet rasch voran und Umwelt sowie Gesellschaft unterliegen Veränderungen. Es ist auch nicht auszuschließen, daß die heutige Öko-Euphorie im Laufe der Zeit einer neuen Sachlichkeit weichen wird. Stets müssen wir uns bewußt sein, daß wir aus einer relativ großen Entfernung auf laufende Scheibe schießen!

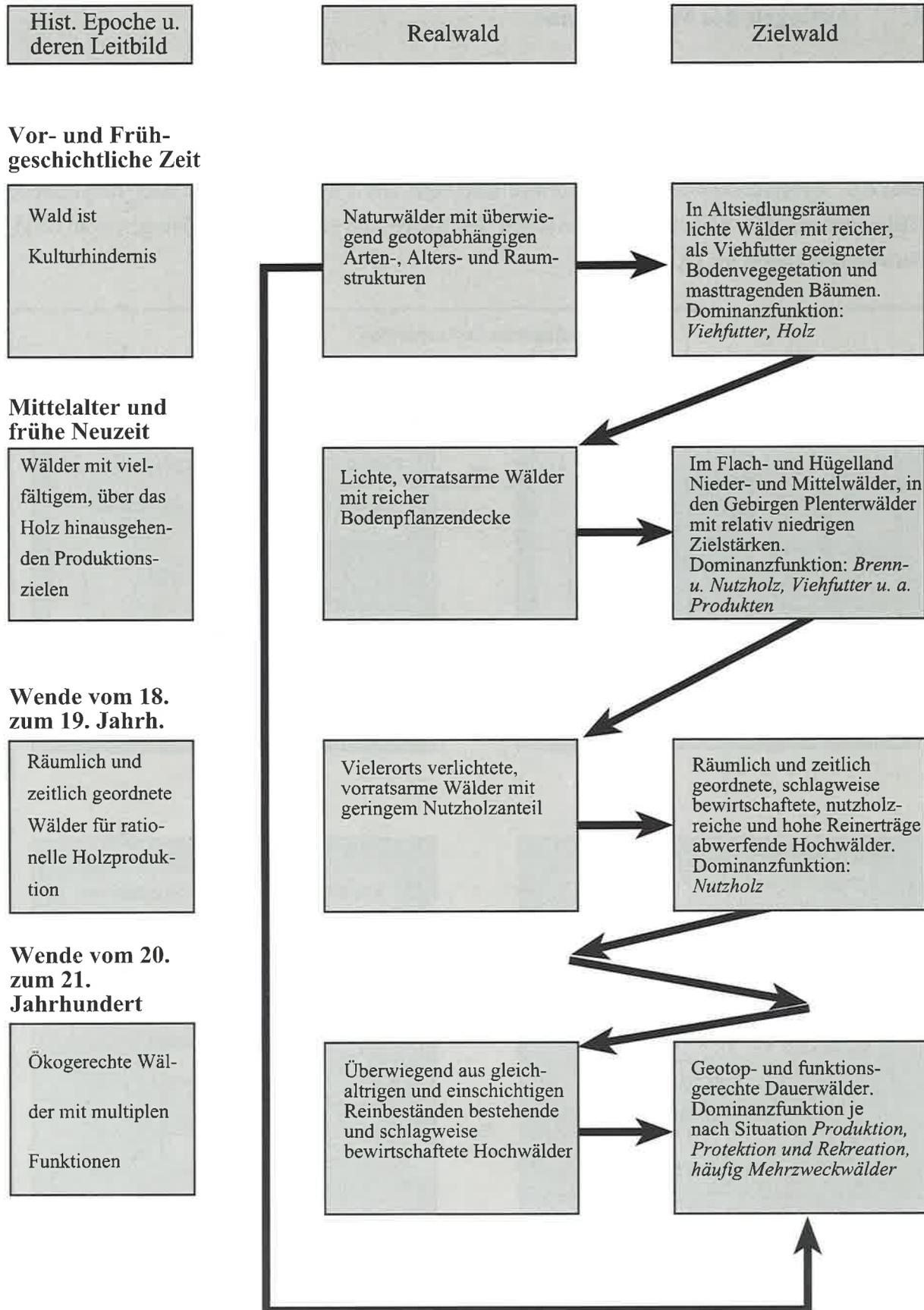


Abb. 1: Markante Waldumwandlungen im Laufe der Forstgeschichte

4. Anliegen des Waldumbaus

4.1 Allgemeines

Eine Notwendigkeit zum Waldumbau besteht dann, wenn erhebliche ökologische Diskrepanzen, d.h. Widersprüche zwischen Umwelt (Geotop) und Phytozönose und/oder funktionelle Diskrepanzen, d.h. Widersprüche zwischen den realen und erwarteten Wirkungen von Wald-Ökosystemen auftreten (Abb. 2).

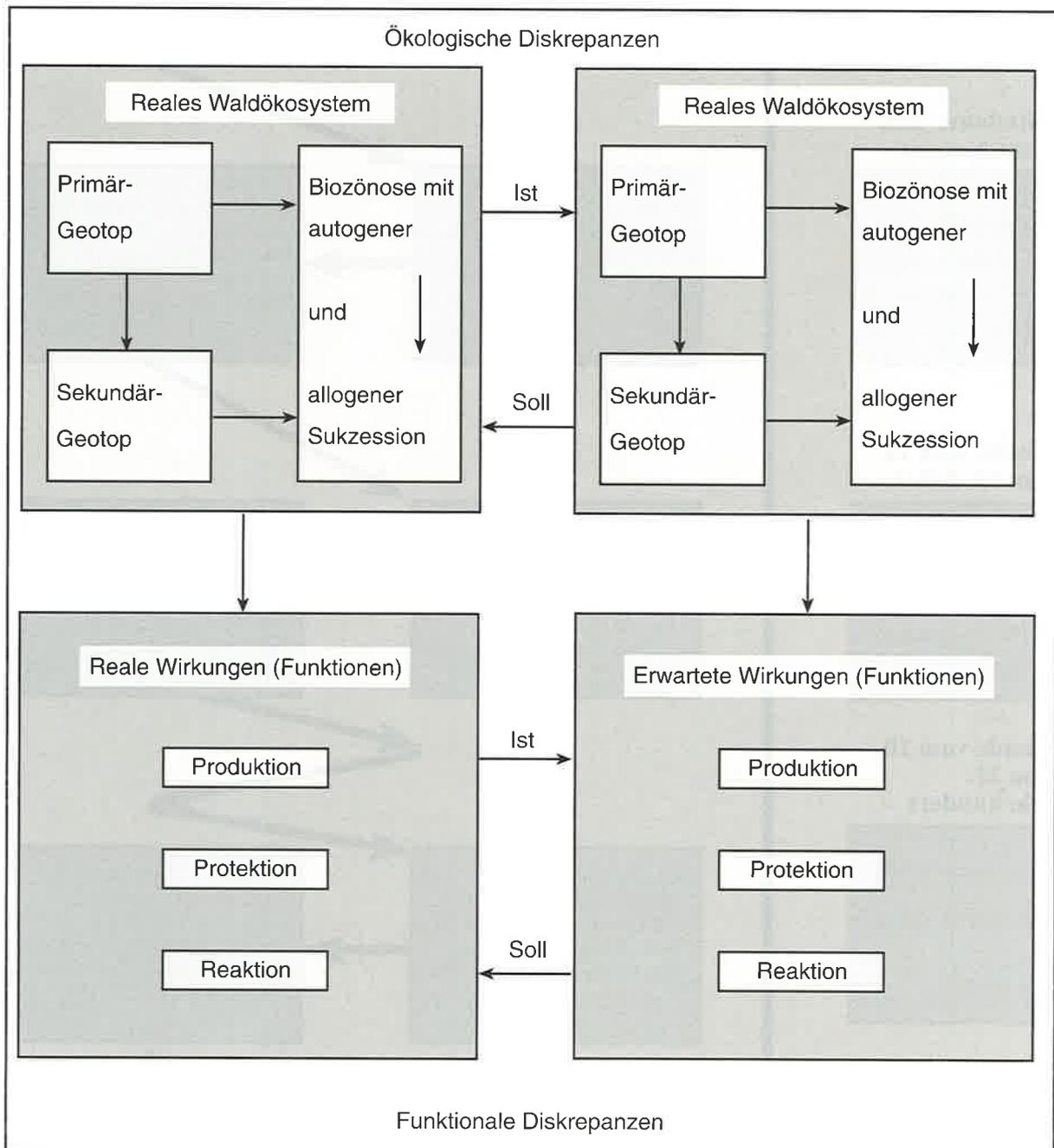


Abb. 2: Entscheidungsprinzipien für Waldumbaumaßnahmen

Generelles Ziel des Waldumbaus ist es, solche Diskrepanzen zu beseitigen, wobei, wie bei allen von mehreren Einflußgrößen abhängigen Entscheidungen, das Für und Wieder abzuwägen und subjektive Einflüsse, besonders Personalfragen, zu beachten sind. Das Anliegen eines Waldumbaus kann man somit wie folgt definieren:

Schaffung eines sowohl hinsichtlich der **ökologischen Gegebenheiten** als auch der **funktionellen Erfordernisse optimal strukturierten** und, dank dieser Eigenschaften, mit hoher Wahrscheinlichkeit flexiblen sowie stabilen, nachhaltig funktionsfähigen Waldes.

Wie schon in den kurz charakterisierten früheren historischen Perioden müssen solche Waldumbauprojekte auch heute in größeren ökologischen, ökonomischen und umweltethischen Zusammenhängen gesehen werden.

Dazu gehören:

1. Globale Umweltprobleme, besonders der Anstieg des CO₂-Gehaltes in der Atmosphäre und die damit heraufbeschworene Imbalance des Kohlenstoffkreislaufes.
2. Die Beachtung neuer Erkenntnisse und genereller Erfordernisse der Waldökologie bei der Waldbewirtschaftung.
3. Kriterien und Maßstäbe zur Bewertung ökologischer und funktionaler Diskrepanzen in den Wäldern in Abhängigkeit von Zeit und Umwelt.

4.2 Berücksichtigung globaler Umweltprobleme bei der Ausarbeitung von Waldumbaustrategien

Wald und Forstwirtschaft werden von globalen Prozessen beeinflusst und diese wirken auf sie zurück. Besonders bedeutungsvoll ist dabei der Kohlenstoffkreislauf, der nicht mehr ausgeglichen, sondern durch die Verbrennung fossiler Kohlenstoffträger, die bisher in der Lithosphäre festgelegt waren (Kohle, Erdöl, Erdgas) sowie Waldzerstörungen, Waldveränderungen (bes. Vorratsenkung) und Bodendegradationen (Humusabbau) erheblich gestört ist. Der Überschuß beträgt jährlich etwa 7×10^9 t C, wovon rund 85% [$(5,6 \pm 1,0) \times 10^9$ t C] auf das Konto "**Verbrennung fossiler Kohlenstoffträger**" kommen und etwa 15% ($> 10^9 \pm 0,6$ t C) zu Lasten von "**Waldvernichtungen, Vorratsenkungen und Bodendegradation**" gehen.

Da der globale Kohlenstoffkreislauf wegen der Treibhauswirkung des CO₂ mit dem Wärmehaushalt der Erde gekoppelt ist und dieser wiederum die Triebkraft des Wasserkreislaufes darstellt, sind diese Prozesse für die gesamte Menschheit von grundlegender Bedeutung. Die Forstwirtschaft wird in Zukunft wesentlich dazu beitragen müssen, den CO₂-Anstieg in der Atmosphäre zu drosseln. Das kann erfolgen durch:

- **Bindung und Akkumulation von Kohlenstoff in neu anzulegenden und bereits vorhandenen Wäldern**

Über die Möglichkeiten und Grenzen solcher Maßnahmen gibt es eine umfangreiche Literatur, auf die hier verwiesen werden muß (z. B. KÜRSTEN u. BURSCHEL 1991, WISNIEWSKI u. SAMPSON 1993). Der Freistaat Sachsen trägt dem Rechnung, wenn er die Waldfläche von 27% auf 30% (das entspricht einer Waldzunahme um rund 55 000 ha) erhöht. Bei einer Kohlenstoff-Akkumulation von rund 90 t C/ha (in balancierten Waldökosystemen) entspricht das einer Kohlenstoffbindung von etwa 5 Mill t.

Hinzu kommt die Möglichkeit der Biomasseaufstockung in vorhandenen Wäldern durch Anreicherung von Holzvorräten und sonstiger Biomasse. Setzt man dafür 10% des gegenwärtigen Vorrates an, so ergibt sich bei etwa 500 000 ha Waldfläche ein Wert von rund 3 Mill. t Kohlenstoff. Diese Werte können in etwa 100 Jahren erreicht werden.

- **Anwendung von Bewirtschaftungsverfahren, die mit einem Minimum von Zusatzenergie auskommen**

Beim Schlagweisen Hochwald, besonders dem Kahlschlagsystem, erfordern alle wesentlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen - von der Bestandesbegründung bis zur Ernte - erheblich Zusatzenergie. Bei der Anwendung "moderner Technologien" handelt es sich überwiegend um Energie, die von fossilen Kohlenstoffträgern stammt. Dieser Aufwand ist, besonders bei kurzen Umtriebszeiten, wiederholter Düngung und intensiven Meliorationen, erheblich (BLANKENHORN et al. 1978, KÜRSTEN u. BURSCHEL 1991).

Seitens GREENPEACE (1994) wurde darum in der "*Waldinitiative Mitteleuropa*" gefordert, Veränderungen des Mineralbodens durch Pflügen und Drainage sowie den Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln zu verbieten. Der Autor vermag diesen Forderungen nicht uneingeschränkt zu folgen, weil anthropogene Stoffeinträge in Waldökosysteme (z. B. saurer Regen) zu Entwicklungen führen können, denen entgegengewirkt werden muß. Auch gibt es Fälle, wo die Düngung als einmalige Starthilfe erforderlich bzw. zu empfehlen ist. Auch auf Pestizide wird man nicht völlig verzichten können, so lange labile, standortswidrige, gleichaltrige Reinbestände existieren. Trotzdem muß sich die Forstwirtschaft ernsthaft mit diesen, partiell durchaus berechtigten Forderungen auseinandersetzen und Konsequenzen ziehen. Auf lange Sicht erscheinen alle Waldbauverfahren bedenklich, die mit größerer und wiederkehrender Energiezufuhr beim Stoffbildungsprozeß verbunden sind.

Von der Forderung, die Zusatzaufwendungen für die Stoffproduktion der Waldökosysteme zu minimieren, wäre abzuleiten, daß alle Bewirtschaftungsmaßnahmen und die damit erzielten Stoffbildungseffekte energetisch und finanziell gegeneinander abgewogen werden müssen. Wir müssen fragen, wieviel Biomasse gebildet und akkumuliert werden muß, um den mit anthropogenen Maßnahmen verbundenen Energieaufwand zu kompensieren.

- **Bereitstellung von Holz zur Substitution fossiler Energieträger und Kohlenstoffbindung in Bauten, Möbeln und diversen Gebrauchsgegenständen**

Wegen Wuchsraumbedarf der Pflanzen ist die Kohlenstoff-Speicherkapazität der Wälder begrenzt. Es kann aber immer wieder neuer Speicherraum in ihnen geschaffen werden, wenn den Waldökosystemen Biomasse, besonders Holz, entzogen wird. Die aus den Wäldern entnommenen Kohlenstoffträger können auf zweierlei Art zur Entlastung der CO₂-Imbalance beitragen:

- Das CO₂-Surplus kann durch Substitution fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl und Erdgas) mit Holz u. a. organischen Substanzen, deren Kohlenstoff der Atmosphäre vorher entzogen worden ist, reduziert werden.
- Der Kohlenstoff kann in toter Biomasse, besonders Holz, das zu Bauten, Möbeln und anderen Gebrauchsgegenständen verarbeitet wird, langfristig festgelegt werden (SEDJO und SOLOMON 1988, THOMPSON und METTHEWS 1989 u. a.).

Es ist darum falsch, dem Wald auf Grund einer ephemeren Holzmarktsituation oder eines eurozentrischen, wohl schon als amoralisch zu bezeichnenden Ökologismus die Produktionsfunktion abzusprechen. Statt dessen ist durch Entzug einer ökologisch vertretbaren Menge Biomasse kontinuierlich neuer Speicherraum für Kohlenstoff zu schaffen und fossile Energie zu substituieren.

4.3 Berücksichtigung genereller waldökologischer Erfordernisse und der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Waldbewirtschaftung

Von grundlegender Bedeutung für die Theorie und Praxis der künftigen Waldbewirtschaftung ist die Auffassung des Waldes als Ökosystem. Dazu gehört die Erkenntnis, daß Wälder

- als Einheit von Biotop und Biozönose aufzufassen sind, die nicht - z. B. durch Kahlschläge zerstört werden darf,
- nicht nur aus Bäumen, sondern aus einer Vielzahl von Primärproduzenten, Konsumenten und Destruenten bestehen, die sich in bestimmten Relationen zueinander befinden müssen, weil zwischen ihnen Wechselwirkungen existieren, die für die Elastizität sowie Stabilität des Ökosystems maßgeblich sind,
- einer bestimmten Dynamik unterliegen, die auf systeminterne (autogene) Prozesse und äußere (allogene) Einwirkungen zurückzuführen ist, und bei der Waldbewirtschaftung als Gratiswirkung der Natur genutzt werden muß.

Eine solche Waldauffassung führt zu einem neuen Inhalt der Nachhaltigkeit, die permanente Funktionstüchtigkeit des Waldökosystems und Stetigkeit der von ihm ausgehenden produktiven, protektiven und rekreativen Wirkungen in jedem einzelnen Waldbestand zum Inhalt hat.

Ökologische Nachhaltigkeit ist nicht gegeben, wenn wesentliche Prozesse und Wirkungen des Waldökosystems, wie das beim Schlagweisen Hochwald der Fall ist, auf den einzelnen Flächen zeitweilig aussetzen sowie Stetigkeit und Gleichmaß der vom Wald ausgehenden Wirkungen nur als rechnerische Größen in höheren Hierarchieebenen (Betriebsklasse) erreicht werden. Aus ökologischer Sicht bedeutet letzteres

- eine die nachhaltige Standortsproduktivität gefährdende **Entkopplung** von Auf- und Abbauprozessen, Störung verschiedener Stoffkreisläufe sowie Zäsuren im Energiestrom,
- das **Aussetzen** oder Reduzieren landschaftsökologischer und humanitärer Wirkungen, auf die aber in Schutz- und Erholungswäldern wegen der Immobilität protektiver und rekreativer Wirkungen zu keiner Zeit verzichtet werden kann.

Das Begreifen des Waldes als Ökosystem führt folgerichtig zum **Dauerwald**, in dem die verschiedenen, für die Stetigkeit des Waldökosystems erforderlichen Entwicklungsstadien der Bäume nicht schlagweise voneinander getrennt, sondern in derselben Wirtschaftseinheit zeitlich und räumlich miteinander verbunden sind, so daß sich bei hinreichender Flächengröße sowohl ökologisch als auch ökonomisch eine Nachhaltseinheit ergibt.

Die Forderung nach Minimierung von Zusatzenergie einerseits bzw. besserer Nutzung von Naturkräften andererseits, wie sie sich aus globaler und waldökologisch-lokaler Sicht ergibt, kann auf folgende Weise erfolgen:

- Nutzung des Standortpotentials,
- Nutzung des Potentials standorts- u. funktionsgerechter Baumarten,
- Nutzung der natürlichen Dynamik von Waldökosystemen, und zwar
 - der Sukzession bei Verjüngungsmaßnahmen,
 - der natürlichen Morphogenese in Abhängigkeit vom Lichtklima,
 - der räumlichen Strukturierung durch auxogenetische Differenzierungen der verschiedenen Baumarten,
 - der zeitlichen Strukturierung durch zylogenetische Differenzierungen der verschiedenen Baumarten,
- Nutzung des Selbstregulationspotentials zur Vorbeugung, Minderung und/oder Verhinderung von Störungen.

4.4 Kriterien und Maßstäbe zur Bewertung ökologischer und funktionaler Diskrepanzen in den Wäldern unter Berücksichtigung von Zeit und Umwelt

Entscheidungen über Waldumwandlungen werden in Abhängigkeit von ökologischen und funktionalen Diskrepanzen durch Ist-Soll-Vergleiche getroffen.

Zum **ökologischen Ist-Soll-Vergleich** benutzt man heute die durch bestimmte Strukturen charakterisierte **potentielle natürliche Waldgesellschaft** als Bezugsgröße und die gegenwärtige

Bestockung als Beurteilungsobjekt. Die Differenz zwischen Ist und Soll wird Hemerobie genannt. Dabei wird unterstellt, daß minimale Hemerobie mit hoher Elastizität und Stabilität des Waldökosystems korrespondiert und umgekehrt.

Auf den ersten Blick erscheint dieser Vergleich und der davon abgeleitete Schluß plausibel und einfach, bei näherem Hinschauen erweist er sich aber als kompliziert und problematisch. Das folgt vor allem aus

- Unsicherheiten, die in naturfernen Forsten mit der Bestimmung der potentiellen natürlichen Waldgesellschaft verbunden sind,
- der Veränderlichkeit potentieller natürlicher Waldgesellschaften bei Wandlung der Umweltbedingungen,
- der Annahme, daß die potentielle natürliche Waldgesellschaft ein ökologisches *non plus ultra* darstellt.

Die Bestimmung der potentiellen natürlichen Waldgesellschaft von heute dürfte bei hinreichender Kenntnis des Geotops, der Autökologie der Baumarten und der Synökologie der Waldgesellschaften mit ziemlicher Sicherheit möglich sein (Schmidt 1995). Schwieriger ist es, den Wandel der potentiellen natürlichen Waldgesellschaften richtig zu beurteilen, denn zu keiner Zeit sind die Umweltverhältnisse und damit auch die Wachstumsbedingungen der Wälder konstant gewesen. Das gilt in besonderem Maße seit dem Eintritt in das Industriezeitalter. Erhebliche Fremdstoffeinträge in die Waldökosysteme und eine sich mit großer Wahrscheinlichkeit anbahnende Klimaveränderung sind Indizien für Umweltveränderungen und damit auch Wandlungen der potentiellen natürlichen Pflanzengesellschaften in Gegenwart und Zukunft. Es wäre leichtfertig, bei großmaßstäblichen Waldumwandlungen die Augen vor solchen Ereignissen zu verschließen. Die möglichen Auswirkungen solcher Prozesse sind darum ernsthaft zu prüfen (THOMASIUŠ 1991a).

Das gilt vor allem für die Baumartenwahl. Dabei tritt das Problem auf, daß Bäume, die heute standortgemäß sind und mit voller Berechtigung angebaut werden können, auch bei Umweltveränderungen bis zu ihrem Lebensende standortgemäß bleiben. Die ökologische Amplitude der anzubauenden Baumarten muß darum so breit sein, daß sowohl die gegenwärtigen als auch die künftigen Umweltkoordinaten in diesem Bereich liegen. Angesichts der zu befürchtenden Umweltveränderungen und der Unsicherheiten, die mit solchen Aussagen verbunden sind, sollten auch aus Gründen der Risikoverteilung Mischbestände mit soziologisch vertretbaren Baumartenkombinationen angestrebt werden.

Mit Problemen ist auch der **funktionale Ist-Soll-Vergleich** verbunden. Das folgt schon daraus, daß

- die vom Real- und Zielwald ausgehenden verschiedenartigen Wirkungen schwer zu bewerten sind und
- die vom Waldeigentümer und/oder von der Öffentlichkeit an den Wald gerichteten Ansprüche (Waldfunktionen) verhältnismäßig kleinräumigen und kurzfristigen Veränderungen unterliegen können, wie im historischen Teil gezeigt worden ist.

Unter Vernachlässigung all dieser nicht voraussehbaren und unwägbareren Einflüsse läßt sich mit aller Vorsicht sagen, daß die Wälder der Zukunft verschiedene Funktionen zu erfüllen haben werden. Es ist ebenso falsch, ihre Schutz- und Erholungsfunktionen zu unterschätzen, wie es früher oft geschehen ist, wie ihre Produktionsfunktion in Abrede zu stellen, wie das heute z. T. geschieht.

5. Wege des Waldbaus

5.1 Allgemeines

Bei der Bestimmung des vom Ist zum Soll hinführenden Weges geht es vor allem darum,

- wie man von dem mechanistischen Raum-Zeit-System des Schlagweisen Waldes zu einem dynamischen Raum-Zeit-System des Dauerwaldes gelangen kann,
- wie überwiegend gleichaltrige und einschichtige Reinbeständen in geotop- und funktionsgerechte, ungleichaltrige und mehrschichtige Mischbestände umzubauen sind.

Ersteres ist eine **strategische**, besonders die Forsteinrichtung betreffende, letzteres eine **technologische**, besonders dem Waldbau obliegende Aufgabe. Die generellen und auch speziellen Umbauziele kommen letztendlich in Strukturen des Zielwaldes zum Ausdruck, besonders in

- der Artenstruktur,
- der Altersstruktur und
- der Raumstruktur.

Diese 3 Strukturelemente wiederum sind in verschiedenen Hierarchieebenen zu betrachten, und zwar

- in größeren Naturräumen (Landschaften, Wuchsbezirke) mit einem für sie charakteristischen Mosaik von Geotopen,
- in konkreten Geotopen mit den darauf wachsenden Phytozönosen (Waldökosysteme),
- auf kleineren Zellen (Mosaikflecken, räumliche und zeitliche Nischen) innerhalb dieser Waldökosysteme mit ihren jeweiligen Entwicklungsstadien.

5.2 Waldumbau durch Veränderung der Waldbaustrategie

Hierunter sollen Veränderungen der Waldbausysteme, z. B.

- die Abkehr vom System des Schlagweisen Hochwaldes und die Hinwendung zum System des Dauerwaldes,
oder - innerhalb des Schlagweisen Systems -
 - die Aufgabe des Kahlschlagbetriebes und die Anwendung von Schirm-, Saum- oder Femelschlagbetrieben als Subsysteme
- verstanden werden.

5.2.1 Abkehr vom System des Schlagweisen Hochwaldes und Hinwendung zum System des Dauerwaldes

Die Unterschiede zwischen diesen beiden Waldbausystemen kommen am augenfälligsten in den Kategorien Raum und Zeit sowie deren Verknüpfung zum Ausdruck.

5.2.1.1 Räumliche Ordnung

Besteht das Ziel des Waldumbaus in der Abkehr von Schlagweisen System, dann ist dessen **schematische räumliche Ordnung**, die mit ihren Hiebszügen, Schlagreihen u. a. mechanistischen Elementen nicht auf natürliche Gegebenheiten Rücksicht nimmt, nach und nach von einer mit **Naturraumeinheiten** kongruierenden **dynamischen räumlichen Ordnung** abzulösen, wie es schon BLANCKMEISTER (1956) gefordert hat.

Trotz prinzipieller Anerkennung dieser Zielstellung muß man sich einiger Grenzen bei der Realisierung dieser Forderung bewußt sein. Das betrifft vor allem das historisch gewachsene Waldeinteilungs- und Wegesystem, dessen grundlegende Veränderung aus technischen (Aufwand) sowie historischen Gründen (Nachweisführung) weder möglich noch erstrebenswert ist.

Anders ist es mit den variablen Elementen der Waldeinteilung (Waldbestände), die im Laufe der Zeit mit Naturraumeinheiten (Geotope) so gut es geht in Einklang gebracht werden sollten, weil eine einheitliche Behandlung der untersten Wirtschaftseinheiten nur bei hinreichend standörtlicher Homogenität möglich ist.

5.2.1.2 Zeitliche Ordnung

Mit der Abkehr vom "Altersklassenwald" und Hinwendung zum "Dauerwald" verlieren die Kategorien Umtriebszeit, Altersklasse, Abtriebsalter, Vor- und Endnutzung etc. an Bedeutung. Trotzdem werden einige Zeitkategorien des Schlagweisen Systems für die Verständigung und wohl auch Planung in Zukunft noch erforderlich sein, so lange der Realwald ein Altersklassenwald und der Waldumbau im Großen noch nicht vollendet ist.

Aus dieser Neubewertung folgt aber nicht, daß die Kategorie „Zeit“ im Dauerwald bedeutungslos geworden ist. Auch im Dauerwald vollziehen sich alle Prozesse in Raum und Zeit und die Bewertung seiner Wirkungen und Leistungen ist zeitabhängig, wie auch aus der Dimension des Zuwachses hervorgeht.

So wie sich der ökologisch orientierte Waldbau von der o. g. schematischen räumlichen Ordnung (Hiebszüge etc.) trennt und eine neue, auf **naturräumlichen Einheiten** beruhende dynamische Einteilung anstrebt, muß er sich auch von den mechanistischen Kategorien der **zeitlichen Ordnung** des schlagweisen Systems abwenden und auf **biologische Zeitmaßstäbe** orientieren.

Dabei ist zwischen den Ebenen der Autökologie und Synökologie zu unterscheiden: Die **Organismen** durchlaufen ihre verschiedenen **Entwicklungsstadien** (Jugend-, Wachstums-, Reife- und Altersstadium), die als Zeitmarken des Lebens aufzufassen sind, je nach **Baumart** (Pionierbaumarten schneller, Klimaxbaumarten langsamer), **Geotop** (auf günstigen Standorten früher, auf ungünstigen später) und **sozio-logischer Stellung** (dominierende Bäume schneller, unterdrückte langsamer) in unterschiedlichen Zeiträumen. Dementsprechend sind auch die dazwischen liegenden Intervalle nicht wie die Altersklassen des Schlagweisen Systems linear, sondern näherungsweise logarithmisch äquidistant (THOMASIUŠ, 1990b).

Aus diesen Darlegungen zur Zyklognese folgt außerdem, daß wir durch die erheblichen Differenzierungen unterliegende Eigenzeit der Organismen in die Lage versetzt werden, physikalisch gleichaltrige Waldbestände zu zyklogenetisch ungleichen Waldökosystemen zu gestalten und so eine künftige Ungleichaltrigkeit vorzubereiten (s. Abschn. 5.3.1.1.2).

In der **Ökosystemebene** ist es wichtig, welcher Geschwindigkeit die in ihm ablaufenden Prozesse (Verjüngung, Wachstum, Reife, Alterung, Zerfall) unterliegen und in welchem Zeitraum die in ihm akkumulierte Biomasse umgesetzt wird (Turnover- Zeit). Für letztere gilt die Beziehung:

$$TZ [a] = \frac{M [t/ha]}{\Delta M [t/a \cdot ha]}$$

Dabei bedeutet:

M [t/ha]	Akkumulierte Biomasse eines sich im dynamisches Gleichgewicht befindlichen Waldökosystems pro Flächeneinheit
DM [t/a _{ha}]	Biomasseproduktion eines sich im dynamischen Gleichgewichtsstadium befindlichen Waldökosystems pro Zeit- und Flächeneinheit
TZ [a]	Umschlagzeit (Turnover Time)

Daraus folgt:

An die Stelle der Altersklassen und Umtriebszeiten des durch Endnutzungshiebe gesteuerten Schlagweisen Hochwaldsystems treten die Entwicklungsstadien und Turnover-Zeiten des durch Zielstärkenutzungen gesteuerten Schlagfreien Hochwald- oder Dauerwaldsystems.

5.2.1.3 Verknüpfung von Raum und Zeit

Bei der Steuerung von Waldökosystemen und der ihnen übergeordneten Hierarchieebenen sind Raum und Zeit untrennbar miteinander verbunden. Beim Schlagweisen System, besonders dem Kahlschlagssystem mit seinen linear begrenzten Schlägen, in regelmäßiger Folge ausgeführten Hieben, fixierten Umtriebszeiten und gleichmässig ausgestatteten Altersklassen, ist dieses Zusammenwirken anschaulich. DENGLER hat darum in einer 1925 erschienen Arbeit zur Theorie und Praxis des Dauerwaldes geschrieben:

“Werfen wir nicht mit dem Kahlschlag das einzig sichere Gute, was er uns gebracht hat, aus dem Walde heraus, die Ordnung! Hüten wir uns, von einem Extrem, der allzu gleichmäßigen Schablone, in das andere, das wilde Durcheinander, zu fallen.”

Auch GRASER (1928, 1935, 1942) wehrte sich dagegen, die Raum-Zeit-Ordnung des Schlagweisen Systems aufzugeben, so lange der Realwald noch ein Altersklassenwald ist. Hier liegt wohl auch der wesentlichste Unterschied zwischen den Auffassungen von GRASER und KRUTZSCH (1952). Im Gegensatz zu GRASER vertrat KRUTZSCH die alsbaldige Aufgabe der Raum-Zeit-Ordnung des Schlagweisen Systems.

Andererseits muß festgestellt werden, daß das klare und übersichtliche Raum-Zeit-System des Schlagweisen Hochwaldes wegen seiner Naturwidrigkeit mit dem Dauerwald unvereinbar ist. Wir werden darum auf Dauer nicht umhin kommen, die anschauliche, aber schematische und naturwidrige Raum-Zeitordnung des Schlagweisen Systems gegen eine zwar komplizierte, den natürlichen Gegebenheiten jedoch besser entsprechende, dynamische Raum-Zeitordnung auszutauschen. Das kann und wird aber nicht von heute auf morgen möglich sein, weil der Realwald zum größten Teil noch ein schlagweise gegliederter Altersklassenwald ist.

5.2.2 Umbau von Subsystemen des Schlagweisen Hochwaldes

Darunter wird vor allem die Abkehr vom Kahlschlagsystem und die Umstellung der Bewirtschaftung auf mehrhiebige und mehraltrige Systeme, die sowohl mit natürlicher als auch künstlicher Verjüngung arbeiten können, verstanden. Hierzu gehören die in Tab. 2 aufgeführten Verfahren. Sie alle gehen letztendlich auf eine erhebliche Veränderung der Raumstruktur vorhandener Bestände mit dem Ziel ihrer Verjüngung ohne vorherigen Abtrieb zurück.

Alle diese Subsysteme sind ökologisch weitaus günstiger als der Kahlschlagbetrieb, weil es bei ihnen zu keiner völligen Freilage des Bodens mit allen daraus resultierenden geländeklimatischen und edaphischen Nachteilen kommt. Die Natürlichkeit der aus diesen Subsystemen hervorgehenden Wälder und die damit verbundene Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit ist von der Arten-, Alters- und Raumstruktur abhängig, die sich aus der Verjüngungstechnologie ergibt. Aus ökologischer Sicht ist es dabei weniger wichtig, ob die Verjüngung natürlich oder künstlich erfolgt, sondern welche Arten-, Alters- und Raumstrukturen entstehen.

Tab. 2: Subsysteme des Schlagweisen Hochwaldes ohne Kahlstellung

Art der Veränderung der Raumstruktur vorhandener Bestände	Verjüngung auf natürlichem Wege	Verjüngung auf künstlichem Wege
normale oder spezifische Pflegemaßnahmen	spontaner Anflug oder Aufschlag	Unterbau
Schirmstellung	Schirmschlag (z. B. nach HARTIG)	Voranbau (zweialtriger und zweihiebiger Hochwald)
Saumstellung	Saumschlag (z. B. nach WAGNER)	Voranbau am Saum
Lochstellung	Femelschlag	Lückenschlag (z. B. nach MORTZFELD)

Eine eingehende ökologische Bewertung dieser Subsysteme des Schlagweisen erfolgte von THOMASIU S. U. SCHMIDT (1996). Bis zu einem gewissen Grad kann man die mehraltrigen und mehrhiebigen Systeme des Schlagweisen Hochwaldes als einen Kompromiß zwischen dem Kahlschlag- und dem Dauerwaldsystem betrachten:

- Die erheblichen ökologischen Nachteile des Kahlschlages werden vermindert, weil es nicht zur völligen Freilage der Bodenoberfläche kommt und ein bestimmtes Maß an Ungleichheit hinsichtlich Baumartenzusammensetzung, Alter und räumlicher Strukturierung möglich ist. Das gilt in geringerem Maße für Schirm- und Saumschlagbetriebe, in größerem für Femelbetriebe.
- Die Vorteile der räumlichen und zeitlichen Ordnung schlagweiser Hochwälder können noch genutzt werden; das gilt in geringerem Maße für den Femelbetrieb, in größerem für den Schirmschlag. Trotz alledem sind schlagweise Wälder stets mehr oder weniger hemerob.

Abschließend sei noch auf die vor allem in Schutz- und Erholungswäldern erforderliche Überwindung eines jahrzehntelangen Aussetzens bestimmter Waldfunktionen nach Kahlschlägen hingewiesen. Solche Unterbrechungen können durch Verlängerung der Umtriebszeit und Übergang zu mehraltrigen sowie mehrhiebigen Waldbausystemen verkürzt oder völlig vermieden werden.

5.3 Waldumbau durch Veränderung der Waldbautechnologie

Vor den strategischen Aufgaben der Ablösung ganzer Waldbausysteme stehen in der Praxis meist die mit dem unmittelbaren Umbau einzelner Waldbestände verbundenen technologischen Fragen, als da sind

- Baumartenwechsel,
- Begründung von Mischbeständen,
- Umbau von Reinbeständen in Mischbestände,
- Umbau gleichaltriger Bestände in ungleichaltrige Bestände,
- Umbau einschichtiger Bestände in mehrschichtige Bestände.

Dazu stehen Technologien, wie

- Verjüngungsmaßnahmen auf Freiflächen und/oder in Beständen,
- Erziehungs- und Pflegemaßnahmen in Beständen

zur Verfügung. Sie sind weitgehend bekannt und bedürfen hier keiner besonderen Erörterung. Nachfolgend soll nur auf einige besonders problematische bzw. umstrittene Verfahren eingegangen werden.

5.3.1 Waldumbau mit Verjüngung

Mit Hilfe von Verjüngungsmaßnahmen ist es möglich die Strukturelemente Artendiversität, Altersdifferenzierung und Wuchsraumausfüllung zu beeinflussen.

5.3.1.1 Freiflächenverjüngung

5.3.1.1.1 Freiflächen-Sukzessionen, ihre Anwendung und Manipulation

Als Sukzession wird der Ablauf einer Ökosystementwicklung bezeichnet, welcher im Normalfall mit fortschreitender Organisation (Syntropie) verbunden ist und zu einem Gleichgewichtszustand zwischen auf- und abbauenden Prozessen führt. Der Gesamtprozeß läßt sich in verschiedene Stadien (Initial-, Medial- und Terminalstadium (Klimax) sowie Phasen (z. B. Verjüngungs-, Reife¹⁾, Alterungs- und Zerfallsphase) gliedern. In Mitteleuropa wird das Terminalstadium fast überall von Waldökosystemen mit den bekannten potentiellen natürlichen Waldgesellschaften gebildet.

¹⁾ Statt des anthropozentrisch bestimmten Begriffes „*Optimalphase*“ wird hier bewußt von Reifephase gesprochen.

Sukzessionen können sowohl in den Dienst des Naturschutzes als auch der Forstwirtschaft gestellt werden. Zwischen beiden gibt es aber nicht selten Meinungsverschiedenheiten, weil sie an unterschiedlichen Sukzessionsstadien und/oder Hemerobiegraden interessiert sind. So ist z. B. der Artenschutz häufig an offenen Initialstadien, die helio- und thermophilen Arten günstige Lebensbedingungen geben, interessiert. In solchen Fällen zögert er nicht, die zu einem geschlossenen Wald führende natürlichen Entwicklung durch wiederholten Aushieb der ankommenden Bäume zu verhindern, d. h. der natürlichen Entwicklung selbstbewußt entgegenzuwirken. In anderen Fällen strebt der Naturschutz eine vom Menschen völlig unbeeinflusste Ökosystementwicklung bis zum Terminalstadium, d. h. Nullhemerobie, an.

Die Forstwirtschaft hingegen, sofern sie überhaupt zu sukzessiven Walderneuerungen bereit ist, möchte das meist von Kräutern und Gräsern gebildete Initialstadium zeitlich eng begrenzen, die in autogen sich aufbauenden Waldökosystemen ablaufenden Prozesse nach vorgegebenen Zielstellungen steuern und Sukzessionsstadien mit hohem Anteil nutzbarer Dendromasse (Reifephase des Terminalstadiums) in einem dynamischen Gleichgewichtszustand von Zuwachs und Nutzung fixieren. Häufig wird die Sukzession als Walderneuerungsmaßnahme völlig abgelehnt, weil sie zu lange Zeiträume erfordern würde, mit erhöhter Waldbrandgefahr verbunden wäre (Sandrohrdecken in waldbrandgefährdeten Gebieten) und nicht die angestrebten Bestandeszieltypen erwarten lasse. Letzterem ist jedoch entgegenzuhalten, daß Sukzessionen an vielen Orten zu forstwirtschaftlich hochwertigen Wäldern geführt haben, sofern man ihnen hinreichend Zeit einräumte und womöglich steuernd auf sie einwirkte.

Die Frage, wo sukzessive Walderneuerung der künstlichen vorzuziehen ist, kann nur bei hinreichender Kenntnis der dabei ablaufenden Prozesse objektiv beurteilt werden (THOMASIU 1991b, THOMASIU u. SCHMIDT 1996). Dazu gehören Kenntnisse über

- die die Sukzession bestimmenden Pflanzenarten, besonders im Initialstadium,
- die spezifische Auxo- und Zyklogeneese der die Sukzession wesentlich beeinflussenden Pflanzen, besonders der Baumarten und
- die nach Geo- bzw. Biotopen differenzierten Sukzessionsabläufe (Sukzessionstypen).

Entscheidend für den Verlauf und die Geschwindigkeit der Sukzession und damit für ihre Nutzbarkeit bei Walderneuerungsmaßnahmen sind drei Einflußgrößen:

- Die **ökologischen Gegebenheiten** auf der neu oder wieder zu besiedelnden Fläche, die die **Richtgröße** der zu einer bestimmten natürlichen Waldgesellschaft führenden Sukzession darstellen,
- das Vorhandensein bzw. die Zuführung von **Diasporen** geeigneter Pflanzenarten, die eine Voraussetzung (**Realisierungsgröße**) der Sukzession sind,
- der genetisch geprägte **Entwicklungsverlauf** (bes. Auxogenese und Zyklogeneese) und die sich daraus ergebende Wettbewerbsfähigkeit der sich ansiedelnden Pflanzenarten.

Die Entwicklung von Waldökosystemen, welche stets mit einer autogenen Wandlung der Umweltbedingungen in ihnen und um sie herum verbunden ist, wird durch Veränderung des Spektrums der vorkommenden und dominierenden Lebensformen von Pflanzen deutlich. Dabei ist es typisch, daß die Sukzession mit edaphisch und meteorologisch anspruchslosen, jedoch lichtbedürftigen, kurzlebigen und kleinwüchsigen sowie vermehrungs- und ausbreitungspotenten Arten beginnt, während die am höchsten entwickelten Stadien von anspruchsvolleren, jedoch schattentoleranten, langlebigen und großwüchsigen sowie vermehrungs- und ausbreitungsschwachen Spezies gebildet und dominiert werden.

Ergänzend muß noch zwischen **zyklogenetischen** und **auxogenetischen Typen** unterschieden werden. Erstere stellen eine Differenzierung nach dem Entwicklungsablauf, besonders der Lebenserwartung (Annuelle, Bienne und Perenne mit weiteren Differenzierungen), letztere nach ihrem Wachstum (z. B. bei den Gehölzen Zwergsträucher, Sträucher und Bäume mit weiteren Differenzierungen) dar (Tab. 3). Diese genetisch geprägte und durch Umwelteinflüsse modifizierte Differenzierung ist Voraussetzung und Mittel der räumlichen und zeitlichen Strukturierung von Waldbeständen.

Tab. 3: Zuordnung von Baumarten zu auxo- und zyklogenetischen Typen

Zyklogenetische Typen (Zeittypen)	Auxogenetische Typen (Raumtypen)		
	kleinwüchsig	mittelwüchsig	großwüchsig
kurzlebig	Salweide, Hasel	Baum-Weiden, Zitter-Pappel, Sand- u. Moor-Birke Eberesche Wildobst	
mittellebig	Wacholder	Rot-Erle, Hainbuche,	Esche, Spitz.-Ahorn, Feld-Ulme, Gem. Kiefer, Europ. Lärche, Gem. Fichte
langlebig	Eibe	Winter- u. Sommer-Linde	Weiß-Tanne, Berg-Ahorn, Berg-Ulme, Rot-Buche, Stiel- u. Trauben- Eiche

Voraussetzung für planmäßiger Walderneuerungsmaßnahmen mittels Sukzession ist die Kenntnis der wichtigsten Sukzessionstypen:

1. Autogene Sukzessionen

Dazu gehören Sukzessionen, die unter theoretisch gleichbleibenden äusseren Umweltbedingungen ablaufen. Dabei kann die Energie- und Stoffbilanz des sich aufbauenden Ökosystems gegen Null konvergieren (dynamisches Gleichgewicht) oder davon wegführen. Ersteres ist der Normalfall, letzteres tritt ein, wenn der Stoffabbau als Folge ungünstiger Umweltbedingungen gehemmt ist, so daß es bei permanentem Ungleichgewicht zur fortschreitenden Akkumulation von Nekromasse (Paludifikation) kommt, wie das z. B. auf Naßstandorten an der nordischen Waldgrenze und in den Kammlagen der Gebirge der Fall ist.

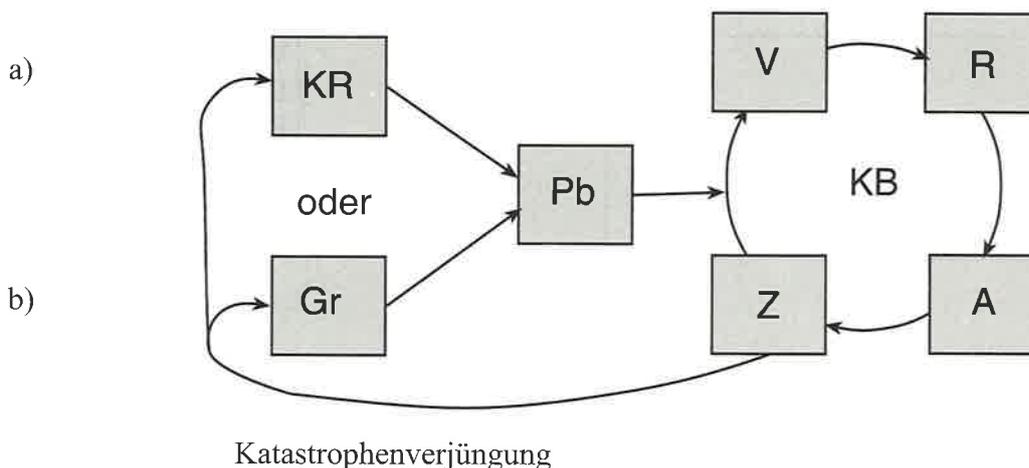
1.1 G-G-G-Sukzessionen

Dieser Sukzessionstyp ist z. B. auf extrem trockenen und warmen Standorten, wie flachgründigen Südhängen mit flachgründigen Böden gegeben. Da hier auf Grund der herrschenden Umweltbedingungen kein Waldwachstum möglich ist, stellen Gräser und Kräuter ein sich über Generationen erhaltendes Terminalstadium dar. Bei diesem Typ handelt es sich vor allem um Trockenrasengesellschaften auf nicht bewaldungsfähigen Sonderbiotopen nach § 26 des Bundesnaturschutzgesetzes bzw. § 20 des Sächsischen Naturschutzgesetzes.

1.2 G-P-P-Sukzessionen

Dieser Sukzessionstyp wird auf extremen, aber bewaldungsfähigen Standorten angetroffen. Die auch im Terminalstadium meist lichte Bewaldung wird überwiegend von Pionierbaumarten gebildet.

Für solche Sukzessionen gilt folgende Sequenz :



Dabei bedeuten hier und auf den folgenden Zeichnungen:

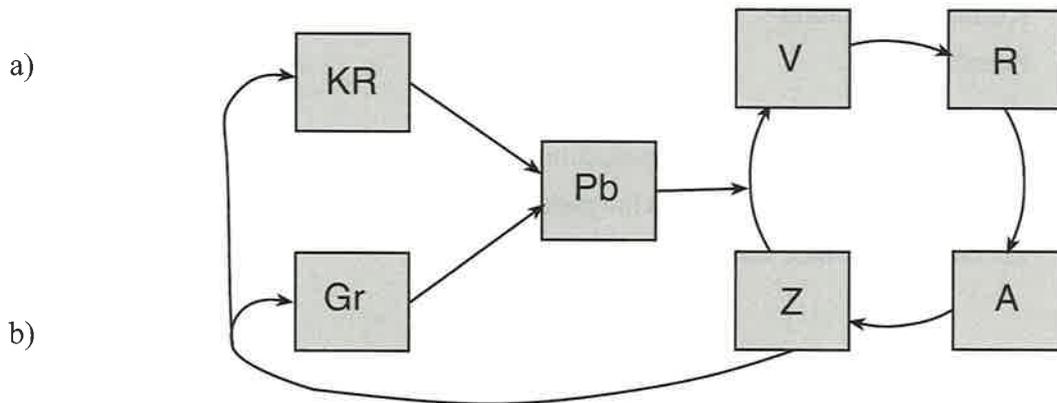
- KR: Kräuterstadium,
- GR: Gräserstadium,
- PB: Pionierbaumstadium,
- JB: Intermediärbaumstadium,
- KB: Klimaxbaumstadium,
- PA: Paludifikation,
- V: Verjüngungsphase,
- R: Reifephase eines Entwicklungsstadiums,
- A: Alterungsphase eines Entwicklungsstadiums,
- Z: Zerfallsphase eines Entwicklungsstadiums.

Bei G-P-P-Sukzessionen entsteht zuerst ein Kräuter-(K) oder Gräserstadium (G), das nach einigen Jahren von einem Pionierbaumstadium (P) abgelöst wird. Der dafür erforderliche Zeitraum ist von der Ausgangssituation abhängig. Handelte es sich zu Beginn (Primärsukzession) um eine weitgehend vegetationslose Fläche, so stellt sich das Pionierwaldstadium schon nach wenigen Jahren ein (a), weil die Pionierbaumarten sich ziemlich ungehindert ansiedeln und entwickeln können. Waren hingegen schon zu Beginn der Freilage Gräser vorhanden (b), wie das bei Sekundärsukzessionen nach Kahlschlägen häufig der Fall ist, dann kann es viele Jahre dauern, bis sich die Pionierbaumarten durchgesetzt und einen geschlossenen Waldbestand gebildet haben. In diesem Pionierwald verjüngen sich nach dem Eintritt in die Zerfallsphase und der Entstehung größerer Lücken erneut Pionierbaumarten, weil die Naturausstattung des Geotops (nährstoffarm, extrem naß oder trocken) das Ankommen anspruchsvollerer Intermediär- oder Klimaxbaumarten nicht zuläßt (Abb. 3).

Je nach trophischen oder hygrischen Verhältnissen führt die G-P-P-Sukzession zu Terminalstadien, wie sie z. B. durch natürliche Birkenwald-, Erlenwald- und Kiefernwald-Gesellschaften charakterisiert werden (Abb. 3).

1.3 G-P-I-Sukzessionen

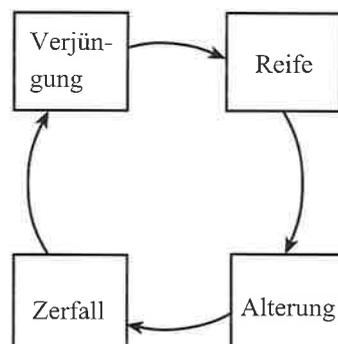
Dort, wo die eigentlichen Klimaxbaumarten aus ökologischen oder migratorischen Gründen weitgehend fehlen, so z. B. in der orealen Stufe der Gebirge Zentraleuropas und auf ziemlich armen und/oder trockeneren Standorten, vollzieht sich die Sukzession meist nach folgendem Schema:



Katastrophenverjüngung

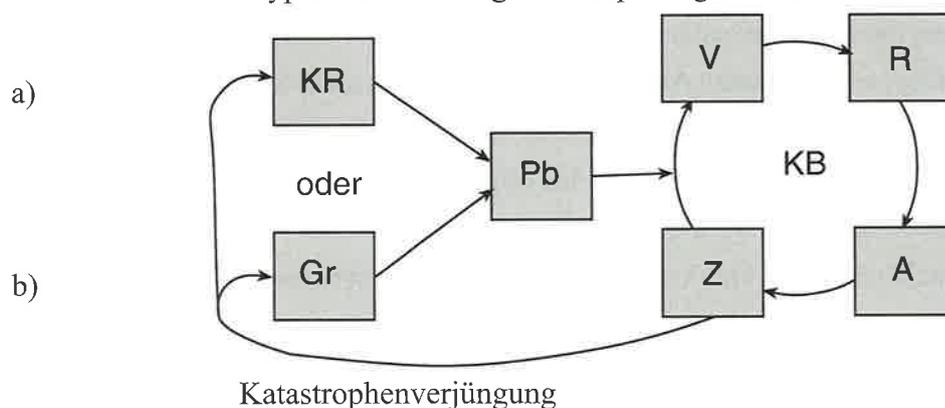
Da dieser Sukzessionstyp auf sehr verschiedenartigen Geotopen auftritt, besteht hier eine stärkere Differenzierung der den Anfangswald bildenden Pionierbaumarten. Auf trophisch günstigeren Standorten oder bei einem zeitweilig größeren Nährstoffangebot, z. B. nach Waldbränden, treten in frischen und feuchten Bereichen Pappel-, Weiden- und Erlenarten, sonst Eberesche auf. Auf armen Standorten hingegen sind es besonders Birken- und Kiefernarten, wobei ein Vikarismus zwischen trockenen (z. B. Sand-Birke) und feuchten Standorten (z. B. Moor-Birke) festzustellen ist. Diese Nischendifferenzierung ist wegen der unterschiedlichen waldökologischen Eigenschaften der genannten Pionierbaumarten (Laubproduktion und Laubzusammensetzung, Stoffumsatz, Wurzelentwicklung, Soziabilität) waldbaulich bedeutungsvoll (LEDER 1992, 1993, NEBE et al. 1995a, b; NEBE U. LEUBE 1995).

Das Pionierwaldstadium wird nach dem Eintritt in die Alterungsphase (50-80 Jahre) Schritt für Schritt von Intermediärbaumarten unterwandert. Innerhalb des sich nun entwickelnden Intermediärbaumarten-Schlußwaldes vollzieht sich dann der kleine Kreislauf



1.4 G-P-K-Sukzessionen

Dieser Sukzessionstyp wird durch folgende Sequenz gekennzeichnet:



Wie bei der G-P-I-Sukzession dargelegt, sind auch hier im Initialstadium zwei Varianten möglich:
 a) Die Sukzession beginnt mit einem gut ausgebildeten Kräuterstadium, von dem sie direkt zum Pionier- oder Anfangswaldstadium führt. Das trifft dort zu, wo bei einem gut geschlossenen Vorbestand nach plötzlicher Freilage (z. B. nach Waldbrand oder Kahlschlag) genügend Freiraum für die Ansiedelung von Kräutern vorhanden ist. Gleichzeitig stellen sich meist auch Keimlinge von Pionierbaumarten ein, die in den ersten 2 - 3 Jahren noch völlig untergeordnet sind, sich dann aber bald über die Krautschicht erheben und einen Anfangswald bilden.

b) In aufgelichteten Waldbeständen haben sich bereits vor ihrer Zerstörung Lichtgräser angesiedelt, die danach bald eine mehr oder minder geschlossene Rasendecke bilden und stark fruktifizieren. Dadurch wird die Ausbildung eines Kräuterstadiums weitgehend ver- oder behindert. Im Gegensatz zu Kräuterstadien halten sich Grasdecken meist ziemlich lange, weil die leichten Samen anemochorer Gehölze im Rasenfilz hängenbleiben und kaum zum Mineralboden gelangen. Sie können erst dann Fuß fassen, wenn Lücken im Grasfilz, z. B. durch Seneszens, Bodenverwundung oder Feuer, entstehen. Größere Chancen scheinen schwersamige Baumarten, z. B. die Eichen zu haben, weil ihre Samen reichlich mit Reservestoffen ausgestattet sind und dank der Schwere besser zum Mineralboden gelangen. Nach Überwindung des Kraut- und/oder Gräserstadiums wachsen die Pioniergehölze rasch zu einem mehr oder weniger dicht geschlossenen Anfangswald heran, der bald größere Mengen an Dendromasse akkumuliert.

In der mit 50-80 Jahren einsetzenden Alterungsphase des Pionierwaldes wandern dann die Klimaxbaumarten ein und lösen die Pionierbaumarten nach und nach ab. Nach dem völligen Verschwinden der Pionierbaumarten bilden dann Klimaxbaumarten eine durch steigende Dendromasseakkumulation gekennzeichnete Aufbauphase, die schließlich zum Schlußwald führt. Dieser unterliegt bei zeitlichem Nacheinander und später auch räumlichem Nebeneinander von Verjüngungs-, Reife-, Alters- und Zerfallsphasen einem internen, kleinen Zyklus. Dieser Sukzessionstyp ist charakteristisch für die Bergmischwälder Zentraleuropas, in denen Buche, Tanne u.a. Klimaxbaumarten das Schlußwaldstadium bilden. Im pflanzensoziologischen Sinne handelt es sich dabei überwiegend um Buchen- und Tannenwälder.

1.5 Autogene Sukzessionen mit divergierender Stoffbilanz

Unter ungünstigen ökologischen Verhältnissen, vor allem auf sauren und nassen Böden und bei niedrigen Temperaturen, kann ein permanentes Ungleichgewicht zwischen Detritusbildung und -abbau auftreten. Das führt zu einer steten Anreicherung toter organischer Substanzen und damit Biotop- und Sukzessionsveränderung. Kennzeichnend dafür sind die Bildung von Rohhumus und schließlich Torf. Vielerorts kommt es in den borealen Nadelwäldern und in Fichtenbergwäldern auch zur Ausbildung dichter Moospolster, die das Ankommen der Verjüngung erschweren oder unmöglich machen können. Das kann zu einem Baumartenwechsel oder zu einer völligen Verdrängung des Waldes führen. In Eurasien sind diesem Sukzessionstyp die Sumpfmoo-Fichtenwälder (Sphagno-Piceetum), Moltebeer-Fichtenwälder (Chamaemoro-Piceetum) und Flechten-Fichtenwälder (Cladonio-Piceetum) zuzuordnen.

Solche Wälder müssen im Falle fortschreitender Paludifikation früher oder später der Tundra weichen. Dieser Prozeß kann durch Waldbrände rückgängig gemacht bzw. aufgehalten werden. Ein genereller Überblick zu den ökologischen Bereichen der verschiedenen Sukzessionstypen wird auf Abbildung 3 gegeben.

trocken

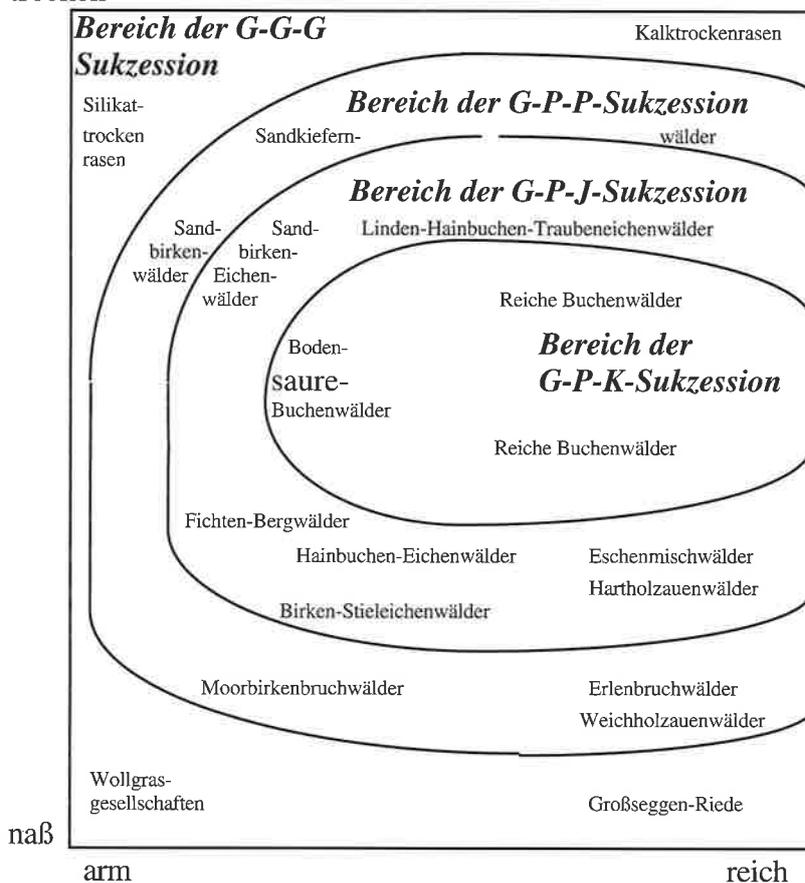


Abb. 3: Ökologische Bereiche der verschiedenen Sukzessionstypen mit Beispielen zugehöriger Pflanzengesellschaften

2. Allogene Sukzessionen

Systematische Umweltveränderungen wandeln auch die Richtung der Sukzession. Dort, wo sich bereits ein Gleichgewichtszustand ausgebildet hatte, kann ein Ungleichgewicht und mit diesem eine sukzessive Veränderung ausgelöst werden. Diese Veränderungen sind besonders groß, wenn die ökologische Amplitude der bisher dominierenden Pflanzenarten überschritten wird. Dabei ist zu beachten, daß diese Prozesse nicht nur von der Art, Stärke und Dauer der Umweltveränderungen, sondern ebenso von der normalen Lebenserwartung und Generationsfolge der betroffenen Organismen abhängig sind.

Bei Kenntnis der ökologischen Koordinaten der dominierenden Pflanzenarten einerseits sowie der Art und Stärke von Ökofaktorenänderungen andererseits lassen sich Voraussagen über sukzessive oder destruktive Ökosystemveränderungen treffen, wie das bezüglich der Auswirkungen des Treibhauseffektes bereits an anderer Stelle geschehen ist (THOMASIUS 1991a). So ist z. B. bei einem Temperaturanstieg als Folge dieses Effektes mit dem Rückgang der Paludifikation in den borealen Wäldern zu rechnen. Andererseits ist in südlicheren Bereichen der jetzigen Taigazone und an der unteren Grenze der montanen Fichtenwälder ein Rückgang dieser Waldgesellschaft zu erwarten.

Auch Luftverunreinigungen, besonders durch SO_2 , vermindern die Wettbewerbsfähigkeit der Fichte. So kann diese Baumart aus den Bergmischwäldern, wo sie ursprünglich als Mischbaumart mit vertreten war, verschwinden und die Fichtenbergwälder der orealen Stufe können sich in Ebereschen- und Birkenwälder wandeln. Auch die hohe SO_2 -Resistenz dieser Baumarten spricht für solche Entwicklungen (NEBE 1994, NEBE et al. 1995a, b; NEBE u. LEUBE 1995).

Diesen regressiven Entwicklungen in den Mittelgebirgen stehen allogene Sukzessionen von bisher nährstoffarmen Sand-Kiefernwäldern zu Kiefern-Traubeneichenwäldern infolge signifikanter Nährstoffeinträge in Ostdeutschland gegenüber.

Bei Berücksichtigung dieser Prozesse ist es möglich, sich unter bestimmten Voraussetzungen der Sukzessionen als Verfahren der Erst- oder Wiederbewaldung zu bedienen. Bei solchen Entscheidungen sind zwei Fragen zu beantworten:

- Wie lange dauert es, bis von dem auf sukzessivem oder künstlichem Weg entstehenden Wald die funktionsabhängig geforderten Wirkungen hervorgebracht werden?
- Welcher Energie- und Kostenaufwand ist damit verbunden?

Bei Neu- oder Wiederbewaldungen können Sukzessionen in erster Linie dort benutzt werden, wo Pionierbaumarten auch das Terminalstadium bilden oder wesentlich daran beteiligt sind. Das gilt, wie bereits dargestellt, vor allem für Extremstandorte mit G-P-P-Sukzessionen (natür-

lichen Erlenwälder, Birkenwäldern und Kiefernwälder). Auf diesen meist produktionschwachen Standorten bildet sich schon im Laufe weniger Jahrzehnte eine strukturell der potentiellen natürlichen Waldgesellschaft ähnliche Bestockung mit vergleichbaren Wirkungen.

Bei G-P-I- und G-P-K-Sukzessionen ist dieser Weg länger, weil die angestrebte Waldstruktur mit den davon abhängigen produktiven, protektiven und rekreativen Wirkungen erst nach Passage eines Initial- und Medialstadiums (Vorwald) erreicht wird. Das verzögert sukzessive Walderneuerungen, schließt sie aber nicht prinzipiell aus. Unter bestimmten Voraussetzungen (keine geschlossene Grasdecke, hinreichendes Angebot von Diasporen) sind auch solche Geotope, wo Birken-Eichenwälder, Kiefern-Traubeneichenwälder und Ebereschen-Fichtenwälder die potentielle natürliche Waldgesellschaft darstellen, für sukzessive Walderneuerungen geeignet.

An dieser Stelle sei auch auf das schon lange bekannte Verfahren der Begründung von Mischwäldern unter Vorwald erwähnt (Heger o. J., FIEDLER 1962). Es stellt, wenn der Vorwald natürlich entstanden und der Zielwald unter dessen Schutz gepflanzt worden ist, ein semisukzessives Verfahren dar. Die Anwendbarkeit der sukzessiven Walderneuerung ist in hohem Maße von der ökologischen Situation auf der Freifläche abhängig. Wesentlich ist,

- wer zuerst da ist und den vorhandenen Wuchsraum konkurrenzlos okkupieren kann,
- wer gegenüber den sich im Laufe der Zeit noch einstellenden Pflanzen bereits einen Vorsprung im Wurzel- und Sproßbereich besitzt,
- wer auf Grund seiner genetischen Prägung besonders konkurrenzstark ist.

Aus diesem Grunde spielt die Frage, ob das Initialstadium von Kräutern oder Gräsern gebildet wird, bei der Entscheidungsfindung über sukzessive oder künstliche Walderneuerung eine wichtige Rolle. Zahlreiche Beobachtungen, langjährige Kulturversuche (WAGNER in: BERGMANN u. WAGNER 1981, 1989) und Hilfspflanzeneinsaaten (REINECKE 1993) zeigten, daß die Ansiedelung von Gehölzen nur selten durch Kräuter behindert wird. Völlig anders ist die Situation, wenn Gräser im Initialstadium dichte Rasen bilden, in denen Bäume nur schwer Fuß fassen können. Die Chancen für erfolgreiche Sukzessionserjüngungen sind darum bei Freiflächen mit Kräutertecken wesentlich günstiger als bei solchen mit Grasdecken.

Unter Berücksichtigung dieser Sachverhalte ist es möglich, Sukzessionen bis zu einem bestimmten Grad zu manipulieren, d. h. ihren Verlauf abzuwandeln oder zu beschleunigen und so der sukzessiven Bewaldung mehr Sicherheit zu verleihen. Das kann geschehen durch

- Verbesserung der Germinations- und Anwuchsbedingungen für Gehölzpflanzen durch Bodenlockerung und Aufreißen geschlossener Grasdecken,

- Düngung zwecks Begünstigung trophisch anspruchsvollerer sowie waldbaulich vorteilhafter Pionier- (Aspe, Eberesche) und Intermediärbaumarten (Eiche, Ahorn, Esche),
- Vermeidung der Grasausbreitung durch Einsaat bodendeckender, bodenverbessernder und bestandesklimabildender Hilfspflanzen,
- Erhöhung des Diasporen-Angebotes durch Erhaltung fruktifizierender Altbäume, Bereitstellung von Samen bzw. Früchten interessierender Baumarten sowie Begünstigung ihrer Samenausbreitung und Keimung (z. B. Schneesaat),
- Regulierung der die Gehölzausbreitung und -entwicklung beeinflussenden Phytophagen-Populationen (Jagd).

Für die Beantwortung der Frage, welche Möglichkeiten für eine natürliche Wiederbewaldung großflächig von Bergreitgras (*Calamagrostis villosa*) überzogener Waldschadensflächen in den Kammlagen des Erzgebirges bestehen, werden gründliche Literaturstudien über ähnliche Standorte in der borealen Nadelwaldzone Nordamerikas und Eurasiens (z. B. VIERECK U. SCHANDELMEIER 1980) empfohlen.

5.3.1.1.2 Freiflächenkulturen

Zur Ausführung herkömmlicher Freiflächenkulturen bedarf es keiner Ausführungen. Nachfolgend sollen lediglich Gedanken über Möglichkeiten einer Strukturverbesserung der künftigen Waldbestände mit der Baumartenwahl dargelegt werden. Die Artenstruktur der künftigen Bestockung wird unmittelbar durch Auswahl geotop- und funktionsgerechter Bestandestypen und Einbeziehung der sich spontan einfindenden Baumarten verbessert. Darüber hinaus ist es möglich, trotz gleichzeitiger Begründung, die Alters- und Raumstruktur der Folgebestände mit der Baumartenwahl von heute zu beeinflussen. Das geschieht durch Mischung zyklonetisch und auxonetisch ungleicher Baumarten (Tab. 6). So wird durch Kombination von kurzlebigen und den Zieldurchmesser früher erreichenden Baumarten mit längerlebigen, den Zieldurchmesser erst später erlangenden, schon nach Ablauf einer Generation Ungleichaltrigkeit erzielt. Analog ist es mit der räumlichen Strukturierung, die durch Mischung auxogenetisch differenzierter, d. h. klein-, mittel- und großwüchsiger und lichtökologisch entsprechend differenzierter Baumarten beeinflusst werden kann. Es ist evident, daß solche Zielstellungen entsprechende Mischungsformen (gruppen- und horstweise) erfordern.

5.3.1.2 Bestandesverjüngung

Zu den Verjüngungsmaßnahmen, die in vorhandenen Waldbeständen zur besseren Strukturierung und Diversifizierung beitragen, gehören Unterbau, Voranbau, Lückenanbau und die bereits erwähnten Naturverjüngungsverfahren. Dabei wird man sich hinsichtlich der Strukturziele in erster Linie von der potentiellen natürlichen Waldgesellschaft und den funktionsbedingt erforderlichen Modifikationen der Baumartenzusammensetzung leiten lassen.

Auch die vorhandenen Forsten unterliegen, sofern nicht bewußt dagegen angegangen wird, der Sukzession. Das kommt besonders auf besseren, mit reinen Koniferenforsten bestockten Standorten durch Einwanderung der zur potentiellen natürlichen Waldgesellschaft gehörenden Laubbaumarten zum Ausdruck. Es liegt dann weitgehend in der Hand des Wirtschafters, ob er diese Sukzessionsprozesse negiert, ignoriert oder nutzt und nötigenfalls in eine bestimmte Richtung lenkt.

Für erfolgsversprechende und erfolgreiche Bestandessukzessionen gibt es heute viele überzeugende Beispiele. Beim Durchstreifen vieler Koniferenreinbestände ist man immer wieder überrascht, was die Natur ohne Zutun des Menschen hervorbringt und welche Möglichkeiten sowie Richtungen sie damit anzeigt.

Die Existenz zahlreicher, bereits fortgeschrittener Bestandessukzessionen zeigt, daß die Bedeutung dieser Prozesse von einigen praktischen Forstleuten schon vor Jahren erkannt und dieses Geschenk der Natur auch angenommen und gepflegt worden ist. Ein Beispiel dafür ist das Sächs. Forstamt Weißwasser, wo sich auf grösseren Flächen qualitativ hochwertige zweischichtige Traubeneichen-Kiefern-Mischbestände befinden, die aus Kiefernreinbeständen hervorgegangen und durch Hähersaaten mit Eichen angereichert worden sind. Ihre Artenstruktur entspricht schon jetzt der potentiellen natürlichen Waldgesellschaft und die Qualität der Hähereichen hält Vergleich mit Spessarteichen stand (KLEINERT 1995). Selbst auf Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaus im Südraum von Leipzig existieren wertvolle Mischbestände mit spontan angekommenen Eichen, Linden und Ahornen unter Lärchen- und Pappelforsten.

5.3.2 Waldumbau durch Erziehungs- und Pflegemaßnahmen

5.3.2.1 Allgemeines

Im Laufe des Bestandeslebens ist es möglich, die Struktur der Waldbestände mehr oder weniger durch gezielte Baumentnahmen oder -begünstigungen zu verändern. Diese Erziehungs und Pflegemaßnahmen dienen bzw. dienen überwiegend einer Homogenisierung der Struktur und Konzentration der Nutzung zu einem definierten Zeitpunkt. Diese Förderung der Gleichheit resultiert aus dem rationalistischen Streben nach Vereinfachung der Nutzungstechnologie und Vereinheitlichung der Produkte.

Das Grundproblem des Umbaus der so geformten Forsten besteht im Vermeiden produktiver, protektiver und rekreativer Verluste während des Umbaus. Die Frage ist, wie man ohne Schaden aus solchen Strukturen herauskommen und mit Nutzen zu den Strukturen des Dauerwaldes gelangen kann. Verschiedene, bislang keineswegs völlig geebnete Wege in diese Richtung stellen zwei nachfolgend skizzierte **unkonventionelle Durchforstungsverfahren** dar. Darunter versteht man die natürliche Dynamik der Waldökosysteme berücksichtigende, die Strukturierung

der Waldbestände fördernde und zu einem geotop- und funktionsgerechten Dauerwald hinführende Baumentnahmen.

Im Gegensatz zu diesen wird bei den herkömmlichen Durchforstungsverfahren die natürliche Dynamik der Waldökosysteme wenig berücksichtigt und bewußt auf eine Homogenisierung hingearbeitet (Kulturen aus einem Guß, gleichmäßige Baumverteilung, Gruppenauflösung, Ausrieb von Bedrängern, schematische Durchforstung). Diese Verfahren werden von dem Streben nach substantiell oder finanziell maximalen Erträgen während einer fixierten Umtriebszeit dominiert, so wie sie bei störungsfreier Bestandesentwicklung in Ertragstafeln ausgewiesen werden.

Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Prinzipien besteht darin, daß die herkömmlichen Verfahren auf maximale Erträge in Waldbeständen mit einer zeitlich begrenzten Lebensdauer (Umtriebszeit) orientiert sind, während die unkonventionellen dazu beitragen sollen, im schlagweisen System entstandene Waldbestände in Dauerwälder, deren Existenz zeitlich nicht begrenzt ist, umzubauen. Sie beinhalten somit eine Investition auf die Zukunft. Umtriebszeitbezogene Vergleiche der konventionellen und unkonventionellen Verfahren gehen demzufolge am Grundanliegen der letzteren vorbei.

5.3.2.2 Strukturdurchforstung

Dieses auf Vorschläge von REININGER (1987, 1991) zurückgehende und sich auf praktische Anwendungen von REININGER sowie v. D. GOLTZ (1991) stützende Verfahren dient der Überführung überwiegend gleichaltriger und einschichtiger Reinbestände des Schlagweisen Systems in ungleichaltrige, vielschichtige und gemischte Bestände des Schlagfreien Systems. Dem dienen schon in Jungbeständen beginnende Eingriffe in das Bestandesgefüge, die auf eine große Durchmesserstreuung (und damit auch Höhendifferenzierung) orientieren und die späteren, sich über einen möglichst langen Zeitraum erstreckenden Zielstärkenutzungen vorbereiten.

Von REININGER werden in Fichtenbeständen aus Bäumen der Kraftschen Klassen 1 und 2 etwa 300 Plusbäume (Z_1) freigestellt, die dann unter Lichtwuchsbedingungen weiterwachsen und dank der damit verbundenen permanenten Auflichtung des Kronendaches die weitere Existenz des übrigen Bestandes (Baumklassen 3 und 4) ermöglichen. Aus diesem Nebenbestand werden später weitere Plusbäume (Z_2) ausgewählt und gefördert. Aus letzteren soll sich im Laufe der Zeit, d. h. mit der fortschreitenden Nutzung von Z_1 -Bäumen, wieder eine lockere Oberschicht herausbilden. Die ankommende Naturverjüngung wird stets angenommen. Die Strukturdurchforstung nach REININGER unterscheidet sich folglich

- von der herkömmlichen **Niederdurchforstung** durch
 - Erhaltung des Nebenbestandes, weil dieser
 - weitgehend von der Nutzung verschont bleibt und

- hinreichend Licht bekommt,
- Förderung von Plusbäumen unterschiedlicher Dimension,
- von der **Auslederdurchforstung** durch Erhaltung des Nebenbestandes, weil dieser auch im fortgeschrittenen Bestandesalter nicht herausgedunkelt wird,
- von den heute weit verbreiteten **Z-Baumverfahren** durch
 - gestaffelte Förderung von Z-Bäumen unterschiedlicher Dimension,
 - Ausdehnung der Z-Baumnutzung über einen längeren Zeitraum,
 - Erhaltung des Nebenbestandes, der bei Z-Baumverfahren, die im fortgeschrittenen Bestandesalter praktisch zu Niederdurchforstungen werden (Abetz u. Feinauer 1987), weitgehend entnommen wird,
 - Herausbildung von Dauerwaldstrukturen.

Bei den Z-Baumverfahren bleibt die Frage nach der Struktur und weiteren Behandlung der Waldbestände nach Nutzung der Z-Bäume offen, i. d. R. folgen Abtrieb und Walderneuerung.

Die Strukturdurchforstung wird seit einigen Jahren von REININGER mit Erfolg im Stiftswald Schlägl praktiziert. Seit einigen Jahren wird sie auch im Forstamt Schmallenberg (Nordrhein-Westfalen) erprobt (v. D. GOLTZ 1991). Aus Sicht des Forstschatzes (Sturm- und Schneeschäden) muß bei Strukturdurchforstungen vor plötzlichen und starken Auflichtungen bislang dicht geschlossener Beständen gewarnt werden. Ein abschließendes Urteil zur Strukturdurchforstung, mit der bisherige Durchforstungsprinzipien durchbrochen und hohe Anforderungen an das waldbauliche Geschick des Ausführenden gestellt werden, ist heute noch nicht möglich.

5.3.2.3 Gruppendurchforstung

Die Baumverteilung auf einer Fläche kann in verschiedenen Sukzessionsstadien und Waldgesellschaften sehr unterschiedlich sein. Bei anemochorer Samenausbreitung findet man im Initialstadium häufig Zufallsverteilungen (POISSON-Wald), bei Aufschlag- und Ausschlagverjüngung Aggregatverteilungen (Cluster-Distribution) und nach entsprechenden Standraumregulierungen Regulärverteilungen (Repulsiv-Distribution). Auf weitere, die Verteilungsmuster der Bäume beeinflussende Faktoren, soll hier nicht näher eingegangen werden.

Im weiteren Verlauf der natürlichen Waldentwicklung, die bei fortschreitendem Baumwachstum mit stärker werdenden Interaktionen zwischen den Bäumen verbunden ist, kommt es infolge kleinräumig wechselnder edaphischer und klimatischer Bedingungen sowie genetischer, biochemischer und soziologischer Differenzierungen der Bäume zu einer Strukturierung der Waldbestände. Dank dieser verschiedenartigen Einflüsse entstehen innerhalb des Waldökosystems Zellen, Mosaikflecken, Rotten, Biogruppen, Kohorten, Baumverbände oder wie man diese Struk-

tureinheiten auch bezeichnen mag. Sie bilden häufig Schutz- und Kampfgemeinschaften (z. B. die Fichte an der Waldgrenze (MYCZKOWSKI 1964, MLINSEK 1975), die infolge Wurzelverwachsungen, Kronenadaptationen u. a. Interaktionen als Kollektiv ziemlich stabil sind und wesentlich zur Flexibilität und Stabilität des Gesamtsystems beitragen, weil dieses beim Ausfall einzelner Biogruppen, dank seiner Zellenstruktur, als Ganzes erhalten bleibt (EJTINGEN 1950a, b; 1951; MLINSEK 1975, SZYMANSKI 1986, WLOZEWSKI 1954, 1968, ZAJACZKOWSKI 1985, 1990). Angesichts dieser in Naturwäldern auftretenden und, trotz starker Homogenisierungsbemühungen der Forstleute, auch in Wirtschaftswäldern vorkommenden Biogruppen, drängt sich die Frage auf, ob es richtig ist, diese zur Stabilisierung der Waldbestände beitragenden Kollektive aufzulösen bzw. zu beseitigen.

Auf diese Erscheinungen wurde wohl zuerst von v. SEEBACH hingewiesen. In der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts wurde die Bedeutung von Baumgruppen (Durchforstungseinheiten) vor allem von BUSSE (1923, 1930a, 1930b, 1930c, 1935, SCHÄDELIN u. BUSSE 1931) betont. Später haben KATÓ und MÜLDER diese Hypothesen aufgegriffen und für Buche eine "Qualitative Gruppendurchforstung" entwickelt. Dabei wird die Entnahme von Bäumen nicht primär von ihrer räumlichen Verteilung, sondern von ihrer Qualität bestimmt (KATÓ 1972, 1973, 1979, 1987, KATÓ u. MÜLDER 1969, 1974, 1978a, b; 1979, 1983, 1984, 1987, 1988, 1993, MÜLDER 1990, MÜLDER u. KATÓ 1968, 1972). KATÓ u. MÜLDER konnten nachweisen, daß Gruppendurchforstungen bei der Buche zu keinen signifikanten substantiellen Verlusten führen. Qualitativ erfolgt eine Aufwertung, weil die wertvollen Bäume meist nicht gleichmäßig verteilt, sondern in Gruppen angeordnet sind, so daß bei Anwendung dieses Verfahrens eine größere Anzahl erhalten bleiben kann.

Neben diesen Biogruppen, die sich durch geringe Baumabstände und stärkere Interaktionen zwischen den sie bildenden Bäumen auszeichnen, bestehen mehr oder weniger große Lücken, die Raum für andere Pflanzen, darunter auch die Verjüngung von Bäumen, lassen. Die Gruppendurchforstung, die Biogruppen erhält und Bestandeslücken nicht fürchtet, trägt zur Strukturierung der Waldbestände und damit zu deren Umbau in Dauerwälder bei. Weitere Arbeiten über Biogruppen, deren Ursache und Wirkung, sowie Ergebnisse von Gruppendurchforstungen publizierten WLOZEWSKI (1954, 1968), PILOU (1975), LANG (1979, 1980), ZAJACZKOWSKI (1985, 1990) SZYMANSKY (1986), KLEIN (1988, 1989, 1991, 1994), PREUHSLER u. STÖGBAUER (1990), HUBER (1993a, 1993b), PRETZSCH (1993a, b), STASCHEL u. GREGER (1993), OTTO (1994a, b), PRETZSCH u. SPELLMANN (1994), u. a.

Einen Überblick zu Erfolgsaussichten, Anwendungsmöglichkeiten und Ergebnisse von Gruppendurchforstung gibt OTTO (1994) mit den Unterlagen für Forstbildungsmaßnahmen der niedersächsischen Landesforstverwaltung im Rahmen des LÖWE-Programms.

6. Zusammenfassung und Schluß

Die deutsche Forstwirtschaft hat sich seit Beginn des vorigen Jahrhunderts eindeutig und überwiegend auf das System des Schlagweisen Hochwaldes orientiert hat. Dem als Pendant aufzufassenden Dauerwaldsystem wurde demgegenüber ein Aschenputteldasein zugewiesen. So entwickelte sich statt einer ökologisch fundierten Waldwirtschaft eine technologisch dominierte Forstwirtschaft.

Auch heute noch sind die meisten sächsischen Wirtschaftswälder von dem Raum-Zeit-Modell des Schlagweisen Systems geprägt. Das ist bei allen Entscheidungen zu berücksichtigen. Es wäre falsch, so tun, als hätte man bereits einen Dauerwald. Es ist aber alles tun, um zu diesem zu gelangen.

Theoretische Grundlage solcher Maßnahmen müssen Erkenntnisse der Waldökologie sein. Im Rahmen der naturgegebenen Möglichkeiten und Grenzen sind dann die konkreten Zielstellungen unter Berücksichtigung der dominierenden Waldfunktionen zu bestimmen. Die Wege des Waldumbaus ergeben sich aus alten Erfahrungen, Ergebnissen wissenschaftlicher Untersuchungen und neuen Denkanstößen. Einen Überblick dazu gibt Tab. 4.

Bei der Inangriffnahme des Jahrhundertprogrammes Waldumbau spielt die Kategorie Zeit wegen der Eigenart des Objektes eine besondere Rolle. Obwohl angesichts der gegebenen Waldsituation mit dem Waldumbau nicht gezögert werden darf, muß mit Bedacht und unter Berücksichtigung natürlicher Zeitmaßstäbe ans Werk gegangen werden. Neben fleißigem Streben muß kreative Geduld aufgebracht werden, weil die ohne Zutun des Menschen ablaufenden Naturprozesse nicht in den Zeitmaßstäben unserer gestreßten Gesellschaft ablaufen.

7. Literatur

Abetz, P., Feinhauer, H. 1987: Kann der ersten Auslesedurchforstung in einem Fichtenbestand eine Plenterdurchforstung vorgeschaltet werden? Allg. Forst- u. Jagdztg. 158, 149 - 156

Augst, F. 1913: Diskussionsbeitrag zu: Die Ansprüche der Fichte an den Standort. Ber. 57. Vers. Sächs. Forstver. zu Meißen vom 22. - 25. 06., Tharandt, 64 - 67

Berg, C. H. E. v. 1866: Abschiedsrede, gehalten am 10. März 1866, am Schlusse der letzten Vorlesung. Thar. Forstl. Jb., 17, 232 - 240

Bergmann, H.-J., Wagner, W. 1981: Neue Erkenntnisse bei der Pflege von Fichtenkulturen im Mittelgebirge und Hügelland. In: Wiss. Tagung d. Sekt. Forstwirtsch. u. d. Zentr. Fachkomm. Forstwirtsch. d. Agrarwiss. Ges. d. DDR v. 14. - 16. Okt. 1981 zum Thema: "Steigerung und Sicherung der forstlichen Rohstoffproduktion". Tharandt u. Dresden, 89 - 96

Bergmann, H.-J., Wagner, W. 1989: Was bringt uns eine intensive Kulturpflege der Baumart Fichte wirklich? Soz. Forstwirtsch., 39, 20 - 22

Bernhard, R. 1914: Eine andere Antwort auf die Frage: Zwingen Bedenken gegen die Fichtenkahlschlagwirtschaft in Sachsen zu einem Fruchtwechsel? Thar. Forstl. Jb., 65, 149 - 170

Bernhard, R. (1921): Die Entartung des Bodens und ihre Einwirkung auf die Bewirtschaftung der Staatsforsten in Sachsen. Thar. Forstl. Jb., 72, 65 - 87

Blanckmeister, J. 1956: Die räumliche und zeitliche Ordnung im Walde des mitteleuropäischen Raumes. Radebeul

Blankenhorn, P. P., Bowersox, T. W. Murphey, W. K. 1978: Recoverable energy from the forests - An energy balance sheet. Tappi, 61, 4, 57 - 60

Brünig, E., Mayer, H. 1980: Waldbauliche Terminologie. Wien

Brunst, 1882: Welche Erfahrungen liegen über die Umwandlung rückgängiger Mittelwälder in Hochwald vor und welche Schlüsse geben diese Erfahrungen für die Zukunft an die Hand. Ber. 28. Vers. Sächs. Forstver. zu Altenburg vom 10. - 12. 07., Marienberg, 6 - 18

Busse, J. 1923: Durchforstungseinheiten. Dt. Forstwirt, 5, 1237 - 1238

Busse, J. 1930a: Baumkrone und Schaftzuwachs. Forstwiss. Cbl. 52, 310 - 318

Busse, J. 1930b: Neue Erfahrungen im Durchforstungswesen. Dt. Forstwirt, 42, 261 - 264

Busse, J. 1930c: Vom Umsetzen unserer Waldbäume. Thar. Forstl. Jahrbuch., 81, 118 - 130

Busse, J. 1935: Gruppendurchforstung. Silva, 23, 145 - 152

Carlowitz, H. C. v. 1713: Sylvicultura oeconomica oder hauswirthliche Nachricht und naturmässige Anweisung zur wilden Baum-Zucht etc. Leipzig

Cotta, H. 1817: Anweisung zum Waldbau. Dresden

Dengler, A. 1925: Dauerwald in Theorie und Praxis. Forstl. Wochenschr. Silva, 13, 25 - 31

Ejtingen, G. R. 1950a: Ausgewählte Werke (russ.). Moskau

Ejtingen, G. R. 1950b: Die Überlebensfähigkeit der Bäume im Walde (russ.). Agrobiologie, 5, 46 - 60

Ejtingen, G. R. 1951: Die Überlebensfähigkeit der Bäume im Walde (russ.). Agrobiologie, 6, 42 - 56

- Faustmann, M. 1849: Berechnung des Wertes, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen. Allg. Forst- u. Jagdztg., 441-455
- Fiedler, F. 1962: Die Entwicklung des Vorwaldgedankens unter besonderer Berücksichtigung der Birke. Arch. Forstwes, 11, 174 - 190
- Gayer, K. 1889: Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Berlin
- Graser, H. 1928, 1935 u. 1942: Die Bewirtschaftung des erzgebirgischen Fichtenwaldes. Bd. 1 (1928), Bd. 2 (1935), Bd. 3 (1942), Dresden
- Greenpeace 1994: Waldinitiative Mitteleuropa. (Vervielfältigung)
- Goltz, H. v. d. 1991: Strukturdurchforstung der Fichte. Allg. Forstzeitschr. 13, 677 -679
- Heger, A. o. J: Die Begründung von Mischwäldern auf Großkahlfächen unter besonderer Berücksichtigung des Vorwaldgedankens. Radebeul u. Berlin
- Heyer, C. 1841: Die Waldertrags-Regelung. Giessen
- Huber, M. 1993a: Die Gruppendurchforstung - Vorstellung eines Durchforstungsverfahrens mit Vergleichen zur Auslesedurchforstung. Diplomarb. Fachhochschule Weihenstephan, Fachber. Forstwirtsch. (n. publ.)
- Huber, M. 1993b: Die Gruppendurchforstung. Dauerwald. 9, S. 30-48
- Judeich, F. 1871: Die Forsteinrichtung. Dresden
- Kató, F. 1972: Die qualitative Gruppendurchforstung der Buche als Problem der entscheidungs orientierten forstlichen Betriebswirtschaftslehre. Forst- u. Holzwirt, 27, 72 - 75
- Kató, F. 1973: Begründung der qualitativen Gruppendurchforstung, Beitrag der entscheidungsorientierten forstlichen Betriebswirtschaftslehre zur Durchforstung der Buche. Habil.-Schr., Forstl. Fak. Univ. Göttingen
- Kató, F. 1979: Qualitative Gruppendurchforstung zur Rationalisierung der Buchenwirtschaft. Allg. Forstzeitschr. 34, 173 - 177
- Kató, F. 1987: Wirtschaftliche Bewertung der qualitative Gruppendurchforstung nach 20jähriger Beobachtung. Forst- u. Holzwirt, 41, 371 - 373
- Kató, F. u. Mülder, D. 1969: Baumabstand und Stammstärken. Ein Beitrag zur Durchforstung der Buche. Allg. Forst- u. Jagdztg. 140, 101 - 111
- Kató, F. u. Mülder, D.1974: Ergebnisse zweimaliger "Qualitativer Gruppendurchforstung" der Buche. Forst- u. Holzwirt, 29, 236 - 240
- Kató, F. u. Mülder, D.1978a: Über die soziologische und qualitative Zusammensetzung gleichaltriger Buchenbestände. Ein Beitrag zur Rationalisierung der Buchenwirtschaft. Schrift.-Reihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. d. Nieders. Forstl. Versuchsanst., Bd. 51, Frankfurt a. M.
- Kató, F. u. Mülder 1978b: Qualitative Gruppendurchforstung der Buche, Wertermittlung nach 20 Jahren. Allg. Forst- u. Jagdztg. 159, 4 - 9
- Kató, F. u. Mülder, D.1979: Qualitative Gruppendurchforstung der Buche, Grundsätze, Wertentwicklung nach 10 Jahren, praktische Anleitung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 150, 105 - 111
- Kató, F. u. Mülder 1983: Qualitative Gruppendurchforstung der Buche. Weiterentwicklung nach 15 Jahren. Allg. Forst- u. Jagdztg. 154, 139 - 145

Kató, F. u. Mülder 1984: Beziehungen zwischen speziellen Stammtypen und dem Schleimflußbefall der Buche. Forstarchiv, 55, 211 - 215

Kató, F. u. Mülder 1987: Wirtschaftliche Bewertung der "qualitativen Gruppen-durchforstung nach 20jähriger Beobachtung. Forst u. Holz, 14, 371 - 373

Kató, F. u. Mülder 1988: Qualitative Gruppendurchforstung der Buche - Wertentwicklung nach 20 Jahren. Allg. Forst- u. Jagdztg. 159, 4 - 9

Kató, F. u. Mülder 1993: Qualitative Gruppendurchforstung der Buche - Wertentwicklung nach 25 Jahren. Allg. Forst- u. Jagdztg., 163, 197 - 203

Klein, E. 1988: Neue waldbauliche Gesichtspunkte bei der Pflege in der Fichtendickung. Holz- Zentralbl. Nr. 10, 154 - 155

Klein, E. 1989: Abkehr von den bisherigen Prinzipien der Dickungspflege in der Fichte. Allg. Forstzeitschr. 44, 248

Klein, E. 1991: Gruppendurchforstung als Alternative. - Drehwuchs und Spannrückigkeit bei der Fichte. Allg. Forstzeitschr. 46, 945 - 947

Klein, E. 1994: Waldbehandlung auf ökologischer Grundlage. Wald, 44, 224 - 227

Kleinert, A. 1995: Wachstum und Qualität von Eichen-Hähersaaten im Forstamt Weißwasser. Diplomarbeit, Fak. Forst-, Geo- u. Hydrowiss., Techn. Univ. Dresden

Kremser, W. 1990: Niedersächsische Forstgeschichte. Rotenburg (Wümme)

Krutzsch, H. 1926: Bärenthoren 1924. Neudamm

Krutzsch, H. 1952: Waldaufbau. Berlin

Krutzsch, H., Weck J. 1935: Bärenthoren - Der naturgemäße Wirtschaftswald. Neudamm

Kürsten, E. u. Burschel P. 1991: Forstliche Energieplantagen und Treibhauseffekt. Holz-Zentralbl. 117, 1953 - 1954, 2010 - 2012

Lang, K. 1979: Die Arnsburger Erschließungs- und Gruppendurchforstung in Fichtenbeständen. Allg. Forstzeitschr., 34, 902 - 904

Lang, K. 1980: Fichtengruppendurchforstung in Schneebruchbeständen. Allg. Forstzeitschr., 35, 444 - 445

Manteuffel, v. 1870: Betrachtungen über die für Sachsens Staatswaldungen geeigneten Verjüngungsarten. Thar. Forstl. Jb., 20, 33 - 45

Mlinsek, D. 1975: Die Waldpflege im subalpinen Fichtenwald am Beispiel von Pokljuga. Forstwiss. Cbl. 14, 202 - 209

Möller, A. 1913: Vortrag vor dem Deutschen Forstverein in Trier. Ber. Dt. Forstver., 47 - 62, 77 - 78

Möller, A. 1920: Kiefern-Dauerwaldwirtschaft. Z. Forst- u. Jagdwes., 52, 4 - 41

Möller, A. 1921: Kiefern-Dauerwaldwirtschaft II. Z. Forst- u. Jagdwes., 53, 70 - 85

Möller, A. 1922a: Der Dauerwaldgedanke. Sein Sinn und seine Bedeutung. Berlin

Möller, A. 1922b: Vortrag vor dem Deutschen Forstverein in Dessau am 5. Sept. 1922. Ber. Dt. Forstver., 81 - 96

- Möller, A. 1922c: Betriebsregelung im Dauerwald. *Silva*, 6, 155 - 156
- Mülder, D. 1990: Nur Individuenauswahl oder Gruppenauswahl? Frankfurt am Main
- Mülder, D. u. Kató, F. 1968: Ein betriebswirtschaftlicher Beitrag zur Durchforstung der Buche. *Forst-u. Holzwirt*, 23, 184
- Mülder, D. u. Kató, F. 1972: Berücksichtigung der Schleimflößkrankheit bei der Auszeichnung von Durchforstungen. *Forst- u. Holzwirt*, 27, 76 - 79
- Myczkowski, S. 1964: Struktur und Ökologie der Fichtengesellschaft *Piceetum tatricum* in den Tälern von Stary Gasienicowe und Pauszczyca (poln.). *Ochrana Przyrody*, 30, 51 - 105
- Nebe, W. 1994: Zur Ernährung von Umwandlungsbaumarten auf immissionsbelasteten Standorten des Erzgebirges. *Forstwiss. Cbl.* 113, 291 - 301
- Nebe, W. u. Leube F. 1995: Experimente zum meliorativen Waldumbau im Erzgebirge. *Forst u. Holz*, 50, 177 - 182
- Nebe W., Hoffmann W. , Feistel U. u. Weisker A. 1995: Zielstellung und Standorte des Verbundprojektes. In: Untersuchung von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grunbdlage für einen ökologisch begründeten Waldumbau. *Techn. Univ. Dresden*, 4 - 19
- Nebe W., Abiy M., Baronius K., Klinger T., Langusch J., Opfermann M u. Strohbach U. 1995: Immissionsbedingte Bodenveränderungen und standörtliche Grundlagen für den ökologischen Waldumbau im Erzgebirge. In: Untersuchung von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage für einen ökologisch begründeten Waldumbau. *Techn. Univ. Dresden*, 29 - 37
- Otto, H.-J- 1994a: Waldökologie. Stuttgart
- Otto, H.-J. 1994b: Waldgefüge: Waldstrukturpflege. Vorläufige Materialien (erweitert) zur Fortbildung im LÖWE-Programm 1994 (n. publ. Manuskript)
- Pilou, E. C. 1975: *Ecological Diversity*. New York
- Pressler, M. R. 1858: *Der rationale Waldwirt und sein Waldbau des höchsten Ertrags*. Dresden
- Preuhsler, T. u. Stögbauer, K. 1990: Strukturmerkmale des Furniereichenbestandes "Eichhall" im Bayrischen Forstamt Rohrbrunn. *Forst u. Holz*, 45, 283 - 289
- Pretzsch, H. 1993a: Struktur und Leistung naturgemäß bewirtschafteter Eichen-Buchen-Mischbestände in Unterfranken. *Allg. Forstzeitschr.* 6, 281 - 284
- Pretzsch, H. 1993b: Modellierung der Kronenkonkurrenz von Fichte und Buche in Rein- und Mischbeständen. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*, 163, 203 - 213
- Pretzsch, H. u. Spellmann, H. 1994: Leistung und Struktur des Douglasien-Durchforstungsversuchs Lonau. *135. Forst u. Holz*. 49, 64-69.
- Ranfft, 1913: Zur Laubholzmischung im Nadelholzwalde. *Thar. Forstl. Jb.*, 64, 250 - 255
- Reinecke, H. 1993: *Begleitwuchsregulierung*. Göttingen
- Reininger, H. 1987: *Zielstärken-Nutzung*. Wien 1987
- Reininger, H. 1991: Strukturverbesserung schon im Durchforstungsalter. *Dauerwald*, 4, 12 - 23
- Richter, J. 1994: Neue Aspekte der Fichtendurchforstung. *Allg. Forstz.* 49, 632 - 637

- Schädelin, W. u. Busse, J. 1931: Durchforstungseinheiten. Thar. Forstl. Jb. 82, 355 - 356
- Schmidt, P. A. 1995: Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften Deutschlands. Schriftenr. Sächs. Landesanst. f. Forsten. Graupa
- Sedjo, R. A., Solomon, A. M. 1989: Climate and Forests. In: Rosenberg, N. J., W. E. Easternling, P. R. Crosson; J. Darmstadter: Greenhouse Warming: Abatement and Adaptation. Proc. of a Workshop. Washington D.C. 1988, 105 - 119
- Seebach, C. A. S. v. 1846: Ueber den Baumstand. Krit. Bl., 21/1
- Spindler, G. 1913: Einige Mitteilungen über Fichtenverjüngung durch Benutzung natürlichen Anflugs und durch aus heimischen Samen erzeugten Pflanzen in den Jahren 1908 bis 1912. Ber. 56. Vers. Sächs. Forstver. zu Plauen, 23-26. Juni 1912, Tharandt, 144 - 154
- Spindler, G. 1922: Die Naturverjüngung der Fichte im Erzgebirge. Ber. 60. Vers. Sächs. Forstver. zu Eibenstock, 20. - 22. Juni 1922, Königsbrück, S. 37-47
- Spindler, G. 1923: Zur Naturverjüngung der Fichte. Silva, 11, 201 - 202
- Spindler, G. 1924a: Erhaltung der heimischen Fichtenrasse. Ber. 62. Vers. Sächs. Forstver. zu Bischofswerda, 23. bis 25. Juni 1924, Tharandt, 78 - 83
- Spindler, G. 1924b: Ergebnisse der früheren Fichtensamendarre zu Wildenfels im sächsischen Erzgebirge und anschließende Gedanken über Ausnutzung des heutigen Samenjahres in den oberen Lagen genannten Gebirges. Thar. Forstl. Jb., 75, 261 - 273
- Spindler, G. 1926: Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Naturverjüngungsfrage bei der Fichte in Sachsen. Silva, 14, 177 - 180
- Spindler, G. 1930: Bodenverwundung bei Fichten-Naturverjüngung im sächsischen Erzgebirge. Silva, 18, 11 - 13
- Staschel, R. u. Greger, O. (1993): Vergleich des Radialzuwachses einzeln und in Gruppen stehender Altkiefern in einem Buchenbestand. Forst u. Holz, 48, 515 - 519
- Szymanski, S. 1986: Ökologische Grundlagen des Waldbaus. Warszawa
- Thomasius, H. 1977: Beitrag zur Ermittlung der Rekonstruktionsmöglichkeit und -dringlichkeit leistungsschwacher Waldbestände. Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden, 27, 835 - 847
- Thomasius, H. 1978: Wald, Landeskultur und Gesellschaft. 2. Aufl., Jena
- Thomasius, H. 1990a: Kap. 2 Waldbau. In: Forstliche Umschau, 33, 3, 133 - 163
- Thomasius, H. 1990b: Waldbau 1, Allgemeine Grundlagen des Waldbaus, Wachstum und Entwicklung, Wesen, Verbreitung und Einteilung der Wälder. Lehrbrief f. d. Hochschulstudium Forstingenieurwesen. 2. Aufl. Leipzig
- Thomasius, H. 1991a: Mögliche Auswirkungen einer Klimaänderung auf die Wälder in Mitteleuropa. Forstwiss. Cbl. 110, 305 - 330
- Thomasius, H. 1991b: 1. Fichtenwald-Ökosysteme., In: Schmidt-Vogt, H. (Hrsg.): Die Fichte, Bd. II/3, Hamburg u. Berlin, 1 - 66
- Thomasius, H. 1992: Naturgemäße Waldwirtschaft in Sachsen - gestern, heute und in Zukunft. Dauerwald, 6, 4 - 29.
- Thomasius, H. 1994: Grundlagen eines ökologisch orientierten Waldbaus. In: Hatzfeldt (Hrsg.): Ökologische Waldwirtschaft. Heidelberg

Thomasius, H. 1995: Einfluß des Bergbaus auf Wald und Forstwirtschaft im sächsischen Erzgebirge bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts. Mitt. Sächs. Forstver.

Thomasius H. u. P. Schmidt 1996: Forstwirtschaft und Umwelt. Bonn

Tomppo, E. 1986: Models and methods for analysing spatial patterns of trees. Commun. Inst. Forest. Fenn., Helsinki, 138, 1 - 62

Thompson. D. A. and Matthews R. W. 1989: The storage of carbon in trees and timber. Forestry Commission Research Information. Note 160

Vater, H. 1913: Die Ansprüche der Fichte an den Standort. Ber. 57. Vers. Sächs. Forstver. zu Meißen vom 22. bis 25.06., Tharandt, 45 - 64

Viereck I. A. a. Schandelmeier, L. A. 1980: Effects of fire in Alaska and adjacent Canada - a literature review. BLM Alaska Techn. Rep. 6, U. S. Dep. of the Interior. Anchorage, Alaska

Wagner, Chr, 1912: Der Blendersaumschlag und sein System. Tübingen

Wagner, W. 1981 u. 1989: S. Bergmann u. Wagner

Wiedemann, E. 1923 Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte in den mittleren und unteren Höhenlagen der sächsischen Staatsforsten. Tharandt

Wisniewski, J. a. R. N. Sampson (Hrsg.) 1993: Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification of Sinks and Sources of CO₂. Dordrecht, Boston, London

Witzleben, v. 1869: Über Sammlung forstlicher Betriebsergebnisse. Thar. Forstl. Jb. 19, 273 - 315

Wlozewski, 1954: Materialien zur Kenntnis der räumlichen und zeitlichen Beziehungen zwischen Bestand und Boden (poln.). Roczniki Nauk Lesnyck, Vol. V Prace IBL Nr. 123, 161 - 249

Wlozewski, 1968: Ökologische Grundlagen des Waldbaus (poln.). Teil II, Warszawa

Wolff, Chr. v. 1746: Vorrede zu Döbels Neueröffnete Jäger-Practica. Leipzig

Zajackowski, J. 1985: Die Auswirkungen von Pfleghieben in Kiefernjungbeständen auf den Gesamterdbolz-zuwachs. Forstarch., 56, 104

Zajackowski, J. 1990: Stablisierende Gruppendurchforstung in Kiefernbeständen. Forstarchiv, 61, 39-40

Verbundprojekt Waldumbau Erzgebirge, Ziele und Inhalte

Prof. Dr. Wolfgang Nebe,
Institut für Bodenkunde der TU Dresden

1. Ziele und methodischer Ansatz

Das Verbundprojekt ist regional ausgerichtet und geht von der folgenden Situationsbeschreibung aus:

- 1) Die Waldstandorte des Erzgebirges haben eine breite ökologische Amplitude. Diese wird primär durch Unterschiede im Klima verursacht. Das kommt zum Ausdruck in den Höhenstufen und in einem stärker ozeanischen Klimacharakter im Westen und einer stärker kontinentalen Prägung im Osten. Weitere Standortunterschiede gehen von den geologischen Bedingungen aus. Die Wirkungen von Klima und Bodengeologie werden standortsgographisch in der Wuchsgebietgliederung erfaßt.
- 2) Die Wälder des Erzgebirges unterliegen seit Anfang des vorigen Jahrhunderts einer nadelholzbetonten Bewirtschaftung. Altersklassenweise gegliederte Fichtenforste verdrängten weitgehend die natürliche Baumartenkombination.
- 3) Auf diese Standorte und Wälder treffen lokal seit Jahrhunderten, großflächig seit Jahrzehnten extreme Immissionen. Der Schadstoffcharakter wechselt gegenwärtig von SO₂-betonten zu N-betonten Belastungen. Die Fichte erwies sich gegenüber beiden Immissionen als besonders anfällig.

Der heutige Waldzustand wird somit bestimmt durch

- stark differenzierte standörtliche Bedingungen
- großflächig unstandortgemäße Bestockungen
- immissionsbedingte Schäden an den Waldökosystemen, sie betreffen die Vegetation, den Boden und die Gewässer.

Die Beurteilung des Waldzustandes ist problematisch, weil die anthropogenen Bestockungsänderungen und Immissionen nicht durch Vergleiche mit unbelasteten Standorten quantifiziert werden können. Naturnahe Bestockungen kommen nur ausnahmsweise und dann vorwiegend auf Extrem-Standorten vor. Der Immissionseinfluß ist durch Vergleiche überhaupt nicht faßbar, weil die Immissionen inzwischen landesweit wirken.

Die heutigen Bemühungen um eine ökologisch nachhaltige Waldbewirtschaftung müssen deshalb das aktuelle Beziehungsgefüge Standort, Bestockung und Immission sowie die Sanierung

funktionell gestörter Ökosystemkompartimente im Blick haben. Dieses Ziel ist weder allein mit dem bisherigen Erfahrungsschatz noch durch punktuelle Untersuchungen einzelner Standorte, Bestände und Immissionstypen oder durch die eine oder andere fachspezifische wissenschaftliche Untersuchung erreichbar. Wenn fachübergreifende wissenschaftliche Arbeiten und der Erfahrungsschatz der forstlichen Praxis nicht zusammengeführt werden, bleibt der Waldumbau im Erzgebirge Stückwerk.

Durch die LAF Graupa wurden anwendungsorientierte Konzepte und Ergebnisse des Waldumbau-Projektes Graupa vorgestellt. In diesem Beitrag soll über ein grundlagenorientiertes Forschungskonzept der FR Forstwissenschaften an der TU Dresden informiert werden. Unter der gleichen Zielbestimmung Waldumbau wird in Tharandt versucht, Waldökosysteme standörtlich, hydrologisch, biochemisch, physiologisch und forstlich zu quantifizieren.

Die Forschungen werden in einem Verbundprojekt koordiniert, das vom FZ Jülich getragen und vom BMBF seit 1991 gefördert wird. 1995 begann die 2., bis 1998 reichende Projektphase, in der 10 Tharandter Arbeitsgruppen zusammenarbeiten.

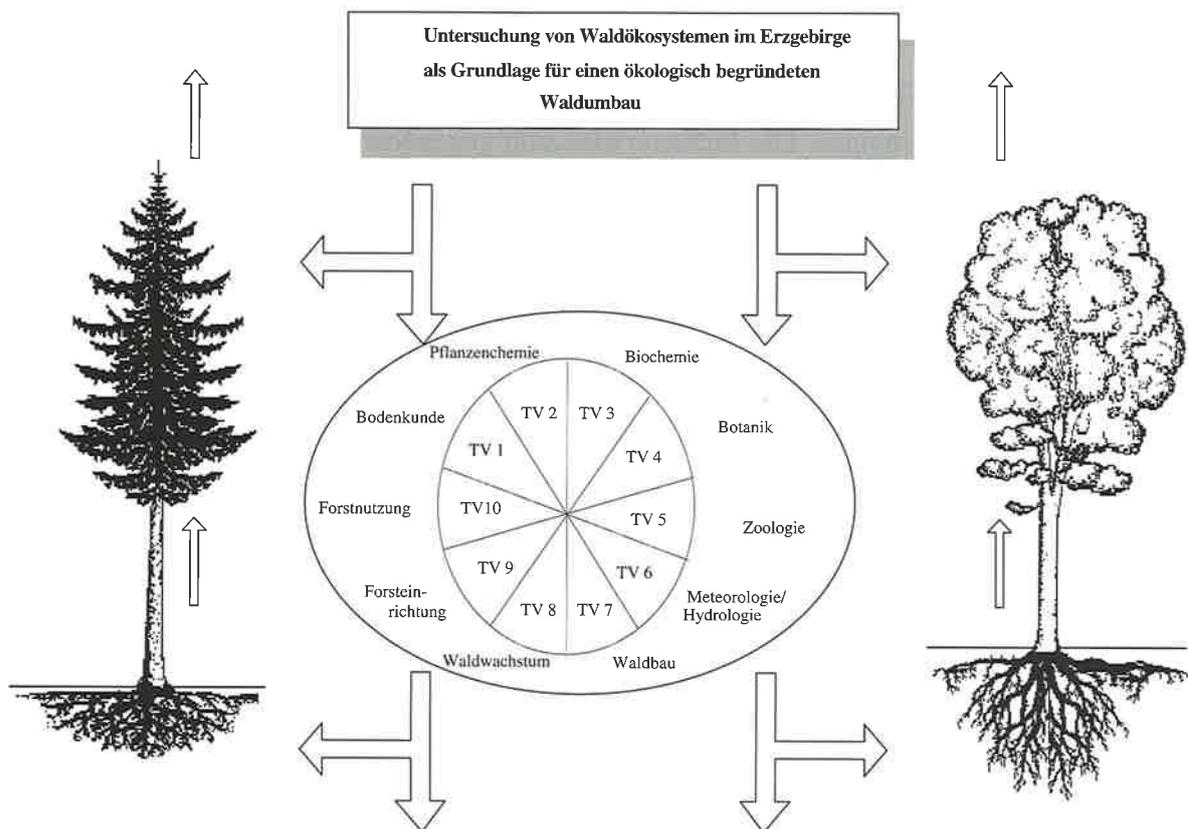


Abb. 1: Arbeitsgruppen des Verbundprojektes

Für einige spezifische Fragestellungen fehlen in Tharandt experimentelle Einrichtungen und wissenschaftliche Erfahrungen. Es wird deshalb über Forschungs- und Entwicklungsverträge mit anderen Einrichtungen zusammengearbeitet. Im einzelnen sind das

- die GSF Neuherberg zu Fragen der Bioindikation
- das IHI Zittau zum Wasserhaushalt
- die BFA Hamburg zur Verteilung und dem Transport von Nähr- und Schadelementen, untersucht wird bis zur Auflösung Pflanzenzelle
- das FZ Jülich und das BITÖK Bayreuth zur jahrringchronologischen Verteilung von Elementen und ^{13}C -Isotopen
- und nicht zuletzt die LAF Graupa zur Regionalisierung von Waldumbauversuchen

Als methodisch-strategischer Ansatz der Verbundforschung diente das bewährte Catenaprinzip. Ökosysteme werden unter vergleichbaren Grundbedingungen bei gradientenmäßig abgestufter Dosierung in Frage stehender Einwirkungen untersucht.

Als Untersuchungsgebiet bot sich das Osterzgebirge an. Hier kommen auf 5500 ha Rhyolithbodenformen vor. Sie sind wegen ihres Skelettreichtums und ihrer Nährstoffarmut nur forstlich bewirtschaftbar, es sind also absolute Waldstandorte. Der hohe Steingehalt bereitete erhebliche meßtechnische Probleme bei den Feldaufnahmen. Diese wurden bewußt in Kauf genommen, um nicht nur repräsentative Waldstandorte, sondern auch realitätsnahe Waldstandorte zu untersuchen.

Auf der Catena wurden die Bodenbedingungen und die Bestockung vergleichbar gehalten. Es sind Rhyolith-Podsol-Braunerden und Podsole bzw. Fi-Forsten 2. und 3. Generation.

Durch die Ausrichtung der Catena von den unteren Berglagen über die mittleren Berglagen, Hochlagen bis zu den Kammlagen entstanden gerichtete Gradienten für Klimafaktoren (Strahlung, Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit) und der Immissionsfaktoren (SO_2 -Gehalt der Luft).

Tab. 1: Standorte der Experimentalflächen (Klima s. Peschke u.a. 1995; Deposition s. Wienhaus u.a. 1995)

Basisfläche	Höhe üb.NN	SO_2 b.89 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	natürliche Waldgesellschaft	Korrelationsflächen
Wernersbach	400	60-70	Melampyro-Fagetum	Tharandter W.
Ökol.Meßfeld	375	70-90	Melampyro-Fagetum	
Oberbärenburg	735	70-90	Luzulo-Fagetum	Hirschsprung
Rotherdbach	720	70-90	Luzulo-Fagetum	Waldidylle Seyde
Kahleberg	860	> 90	Sorbo-Piceetum	
Lugstein	890	> 90	Sorbo-Piceetum	

Die Wasserversorgung ist sowohl primärer Standortsfaktor für die Ökosysteme als auch Träger für die Deposition der Schadstoffe und ihren Transport im Boden. Schon aus der Wasserbilanz wird erkennbar, daß in den niederschlagsärmeren unteren Berglagen der Stoffeintrag in die Böden kleiner sein muß als in den niederschlagsreicheren höheren Berglagen. Daraus leiten sich gravierende Unterschiede in der Beanspruchung des Bodenfiltergerüsts ab. Sie wirken sich auf die Qualität des Bodens und der Sicker-, Quell- und Bachwässer aus.

Tab. 2: Modellberechnung zur jährlichen Wasserbilanz 1990-93 (Angaben in mm), nach Feistel 1995

Jahr	Niederschlag		Evapotranspiration		Abfluß		Speicherveränderung	
	ÖKO	OBB	ÖKO	OBB	ÖKO	OBB	ÖKO	OBB
1990	614	817	516	454	92	486	6	-123
1991	672	799	503	395	95	367	74	37
1992	791	1088	570	429	229	444	-8	215
1993	821	1013	523	389	194	520	104	104

ÖKO = ökologisches Meßfeld; OBB = Oberbärenburg

Entlang der Catena wurden Basisflächen ausgewählt und mit Feldmeßstationen ausgerüstet (Tab. 1). Sie integrieren objektbezogen die experimentellen Untersuchungen der einzelnen Arbeitsgruppen. Spezifische Fragestellungen wurden an jeweils vergleichbaren Korrelationsflächen untersucht. Für die Basis- und Korrelationsflächen liegen klimatische, hydrologische, boden- und nadelanalytische sowie ertragskundliche Zeitreihen vor, die in den günstigsten Fällen bis 1962 zurückreichen.

2. Ergebnisse

Die Ergebnisse aus der 1. Projektphase wurden 1995 in einem Forschungsbericht zusammengefaßt:

Verbund-Forschungsprojekt „Untersuchung von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage für einen ökologisch begründeten Waldumbau“

Projektleiter W. Nebe zusammen mit einem Kuratorium K. Fischer, R. Mosandl, A. Roloff, M. Vogel und O. Wienhaus; wissenschaftlicher Koordinator M. Vogel; Tharandt 1995

Die detaillierte Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgt zur Zeit durch die Bearbeiter in einschlägigen Zeitschriften. Der Umfang und die fachliche Breite der durchgeführten Arbeiten können weder in einem Vortrag noch durch einen Referenten dargestellt werden. Im Rahmen der Tagung sollen einzelne standortkundliche, für den Waldumbau relevante Ergebnisse an dem Vergleich Hochlagen / Untere Lagen mitgeteilt werden.

2.1. Situation in den Hoch- und Kammlagen

(1) Bodenzustand

Die ökologische Funktionstüchtigkeit der Böden hängt von der geologischen Grundausrüstung und der aktuellen Bodenversauerung der Standorte ab. Ein charakteristisches Merkmal für den Bodenzustand ist die Kationenbelegung der Bodenkolloide. Dabei kommt dem Verhältnis zwischen den Erdalkalien Ca und Mg als Basenträger und den Protonen sowie den Kationensäuren Al und Fe zentrale Bedeutung zu. Die Bewertung des Bodenzustandes erfolgt im Osterzgebirge durch Vergleiche zwischen den armen Rhyolith-Podsolen (sie sind repräsentativ für 2700 ha Waldfläche) mit lokal auftretenden reichen Basalt-Braunerden.

Ake von Rhyolith-Podsolen										Ake von Basalt-Braunerden									
Austauschbare Kationen (Angabe in %)										Austauschbare Kationen (Angabe in %)									
Horizont	Al	Fe	Mn	H	CA	Mg	K	Na	BS%	Horizont	Al	Fe	Mn	H	CA	Mg	K	Na	BS%
Ah	58,76	15,17	0,31	16,26	5,04	0,84	3,00	0,63	9,50	Ah	84,51	0,08	0,78	0,26	6,65	3,30	3,76	0,64	14,36
Ae	66,37	4,89	0,71	13,42	2,84	0,12	8,18	3,47	14,61	Ah-Bv	87,63	0,09	0,47	0,00	3,41	1,44	6,03	0,93	11,81
Bh	53,42	12,25	0,37	24,32	3,66	0,16	5,03	0,79	9,64	Bv	79,12	0,08	0,30	0,00	12,63	5,30	1,93	0,64	20,50
Bs	68,03	16,68	0,32	6,61	2,53	0,78	3,68	1,37	8,36	BF 1	0,65	0,03	0,02	0,08	59,38	38,05	1,18	0,61	99,22
Bv1	86,26	0,34	0,84	0,00	2,20	0,00	8,34	2,03	12,57	BF 2	0,44	0,03	0,02	0,05	60,48	37,00	1,30	0,67	99,46
Bv2	77,42	0,48	1,23	0,00	2,94	0,00	16,28	1,65	20,87	Basaltz.	0,37	0,03	0,01	0,01	58,81	38,46	1,75	0,58	99,59
C-H	74,83	0,66	1,54	0,00	3,81	0,00	18,04	1,12	22,97										
Austauschbare Kationen (µmol eq/g)										Austauschbare Kationen (µmol eq/g)									
Horizont	Al	Fe	Mn	H	CA	Mg	K	Na	Σ	Horizont	Al	Fe	Mn	H	CA	Mg	K	Na	Σ
Ah	115,07	29,71	0,60	31,84	9,86	1,65	5,87	1,23	195,82	Ah	192,80	0,19	1,76	0,60	15,18	7,54	8,58	1,46	228,14
Ae	35,56	2,62	0,35	7,19	1,52	0,07	4,38	1,86	53,57	Ah-Bv	180,31	0,19	0,96	0,00	7,02	2,96	12,41	1,91	205,77
Bh	56,31	12,91	0,39	25,63	3,86	0,16	5,30	0,83	105,41	Bv	182,00	0,19	0,68	0,00	20,06	12,18	4,43	1,48	230,03
Bs	100,00	24,51	0,47	9,72	3,72	1,15	5,41	2,02	146,99	BF 1	4,27	0,19	0,13	0,54	389,60	249,68	7,71	4,02	656,14
Bv1	49,51	0,19	0,48	0,00	1,26	0,00	4,79	1,17	57,40	BF 2	3,11	0,19	0,16	0,36	427,26	261,40	9,20	4,75	706,43
Bv2	31,07	0,19	0,50	0,00	1,18	0,00	6,53	0,66	40,13	Basaltz.	2,71	0,19	0,04	0,04	429,70	280,99	12,76	4,21	730,64
C-H	22,00	0,19	0,45	0,00	1,12	0,00	5,30	0,33	29,40										

Abb. 2: AKe-Vergleich Rhyolith-Podsol Kahleberg mit Basalt-Braunerde Scharspitze

In den Rhyolithpodsolen dominieren bis in 1,80 m Tiefe mit > 80 % die Säureträger an den Kolloiden. Die Säurepufferung über basische Kationen ist erschöpft. Das extreme Ausmaß der Bodenversauerung wird durch den Vergleich mit den geologisch erdalkalireichen Basalt-Braunerden deutlich. Auch die Basaltbraunerden sind bis in 50 cm Tiefe extrem versauert. Erst unterhalb 50 cm werden die Säureeinträge quantitativ abgepuffert.

(2) Ernährungszustand der Fichte

Die Stabilität der Fichte hängt u.a. von den Ernährungsverhältnissen ab. Dabei interessieren im Zusammenhang mit Waldschäden vorrangig die Elemente N, Mg und S sowie der N/Mg-Quotient. Die N- und Mg-Spiegelwerte werden in den Kammlagen seit 1964 untersucht, Disproportionen gibt es bis heute nicht. (1 j. Nadel: $N < 1,8$, $Mg > 0,10$, $N/Mg < 20$).

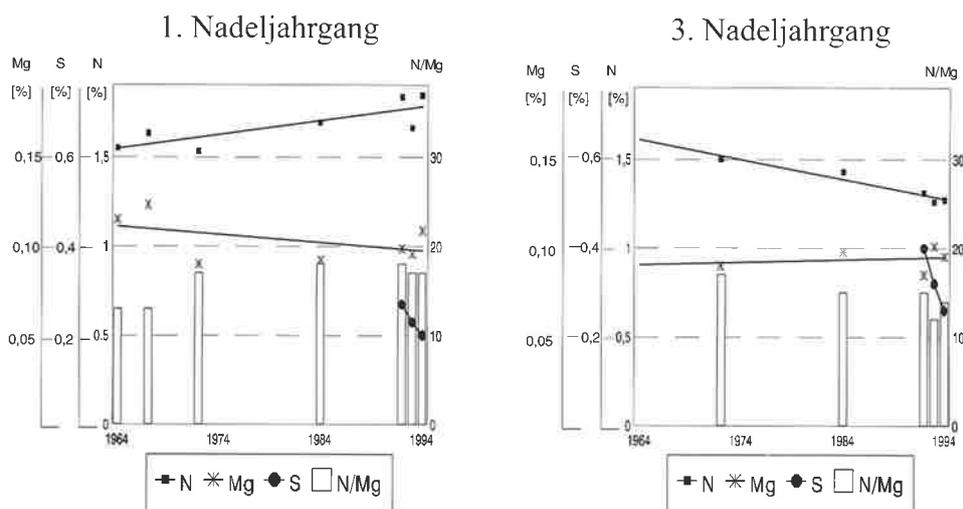


Abb. 3: Ernährung der Fichte auf Rhyolith-Podsolen am Kahleberg

Die S-Spiegelwerte weisen dagegen auf eine kritische bis toxische Versorgung hin (1jährige Nadel > 0,2 % S, 3j. Nadel bis 0,4 % S). In Reinluftgebieten des Schwarzwaldes oder Thüringer Waldes liegen die S-Spiegelwerte für beide Nadeljahrgänge knapp > 0,10 % S.

Eine toxische S-Ernährung dürfte bis 1989 vorgelegen haben. Seit dieser Zeit sind bei Buche, Lärche, Aspe, Salweide und Birke die S-Spiegelwerte rückläufig.

Die Fichte paßt sich seit 1992 diesem Trend an und kann deshalb in Bestandeszieltypen wieder berücksichtigt werden. Die Eberesche scheint Sperrvorrichtungen gegenüber S-Überernährungen zu besitzen und ist als schwefelresistent anzusehen.

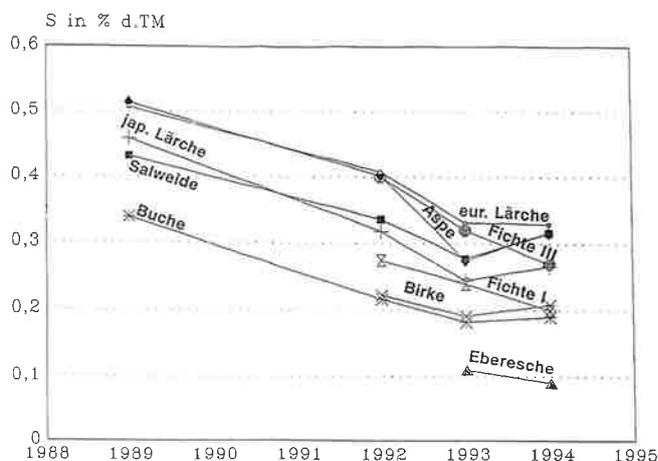


Abb. 4: S-Ernährung verschiedener Baumarten am Kahleberg nach Nebe und Opfermann

(3) Wachstum der Fichte

In den Kammlagen und auf exponierten Hochlagenstandorten starb die Fichte innerhalb von etwa 10 Jahren bis 1982 großflächig ab. Die Wiederaufforstung mußte auf verwilderten Bergreitgrasflächen einsetzen. Nach vielen, oft mißglückten Versuchen mit standortsfremden Baumarten wird heute die standortsgemäße Buche als wichtigste Zielwaldbaumart angesehen. Ihre Einbringung setzt Mineralbodenkontakt und auf Standorten mit < 15 % Basensättigung eine Kalkung voraus.

Durch die Kalkung wird der Anwuchs bei Buche gefördert und bei Lärche nicht verändert. Der Bergahorn fiel auch nach Kalkung aus.

Von den Weichlaubhölzern flogen nach Kalkung und Bodenverwundung vor allem Salweide und Aspe an.

Tab. 3: Anwuchs (in %) bzw. Ansamung (in St./ha) von Ziel- und Vorwaldbaumarten nach Bodenverwundung (Prüfglied 0) und nach zusätzlicher Kalkung (Prüfglied CaMg) nach 9 Jahren

Baumart	Prüfglied 0	Prüfglied CaMg
Buche	45 %	62 %
Lärche spec.	70 %	70 %
Bergahorn	Trotz Wiederholung ausgefallen	
Salweide	einzel	30 000
Aspe	einzel	5 000
Birke	einzel	250
Eberesche	0	220

Der Stoffumsatz wird durch die langsam wachsende Buche zunächst nicht gefördert. Salweide und Aspe sind diesbezüglich deutlich effektiver. Sie wachsen schnell und dicht heran, gewähren dadurch der Buche Schirmschutz und kurbeln die Stoffflüsse vor allem bei Ca und Mg an. Innerhalb von 2 bis 3 Jahren entstanden unter Einbeziehung der natürlichen Sukzession stabile Ökosysteme, in denen sich später die Buche problemlos als Zielwaldbaumart und ökologischer Funktionsträger durchsetzen kann.

Tab. 4: Gesamtblattmasse und Erdalkaligehalt in der Blattmasse

Prüfglied CaMg nach 10 Jahren

Baumart	TS Blätter [kg/ha]	Ca-Gehalt [kg/ha]	Mg-Gehalt [kg/ha]
Salweide	1700	23,7	6,9
Aspe	140	1,4	0,6
Buche	120	1,1	0,3

2.2. Situation in den unteren Berglagen

(1) Bodenversauerung

Das Ausmaß der Bodenversauerung ist auf den Rhyolith-Podsol-Braunerden der unteren Lagen geringer als in den Kammlagen. Die Ursache liegt zunächst in der höheren Austauschkapazität der lößlehmhaltigen Hauptfolgen. Aber auch absolut gesehen ist der Säureangriff in den unteren Lagen geringer als in den Hochlagen. Das wird an der vergleichsweise geringen Versauerung der Basalt-Braunerden deutlich. Bereits in 2 cm Tiefe sind die Austauscher mit 20 bis 30 % puffernde Erdalkalitionen besetzt. Im Bv-Horizont liegt die Erdalkalisättigung bereits bei 60 %.

Rhyolith-Podsol-Braunerde am Wernersbach (untere Berglagen)										Basalt-Braunerde am Buchhübel (untere Berglagen)									
Austauschbare Kationen (Angabe in %)										Austauschbare Kationen (Angabe in %)									
Horizont	Al	Fe	Mn	H	CA	Mg	K	Na	BS%	Horizont	Al	Fe	Mn	H	CA	Mg	K	Na	BS%
Aeh	58,10	7,19	0,52	21,84	5,62	0,60	5,30	0,83	12,35	0-2	61,94	0,92	4,40	6,73	17,45	4,96	2,97	0,64	26,02
Bv	81,58	0,39	1,36	5,80	2,13	0,56	7,28	0,90	10,87	20-30	36,03	0,17	1,11	0,00	46,43	13,22	1,27	1,77	62,69
SBV 1	76,77	0,38	2,22	4,98	2,18	1,18	10,04	2,26	15,65	30-50	0,00	0,08	0,38	0,31	66,74	29,56	0,99	1,94	99,23
SBV 2	81,40	0,29	1,53	2,29	1,80	0,97	10,41	1,31	14,49	65-85-	0,07	0,01	0,10	0,00	61,71	36,22	0,63	1,27	99,83
SBV 3	81,24	0,30	1,73	0,61	2,99	1,85	8,66	2,63	16,13	85-95	0,05	0,00	0,10	0,02	58,13	39,74	0,75	1,21	99,84
Austauschbare Kationen ($\mu\text{mol eq/g}$)										Austauschbare Kationen ($\mu\text{mol eq/g}$)									
Horizont	Al	Fe	Mn	H	CA	Mg	K	Na	Σ	Horizont	Al	Fe	Mn	H	CA	Mg	K	Na	Σ
Aeh	76,71	9,50	0,68	28,83	7,42	0,79	6,99	1,10	132,02	0-2	121,16	1,79	8,61	13,16	34,13	9,70	5,82	1,25	195,61
Bv	67,47	0,32	1,12	4,80	1,76	0,46	6,02	0,75	82,70	20-30	60,8	0,28	1,87	0	78,34	22,3	2,15	2,99	168,73
SBV 1	51,51	0,26	1,49	3,34	1,46	0,79	6,74	1,51	67,10	30-50	0	0,17	0,76	0,62	134,82	59,72	2	3,92	202,01
SBV 2	55,11	0,19	1,03	1,55	1,22	0,66	7,05	0,89	67,7	65-85-	0,4	0,03	0,52	0	335,76	197,04	3,44	6,89	544,08
SBV 3	52,13	0,19	1,11	0,39	1,92	1,19	5,56	1,69	64,18	85-95	0,24	0,01	0,48	0,09	290,68	198,72	3,74	6,07	500,03

Abb. 5: AKe-Vergleich Rhyolith-Podsol-Braunerde und Basalt-Braunerde

(2) Ernährung der Fichte

In den unteren Lagen treten wie in den Hochlagen keine Disproportionen bei der N- und Mg-Ernährung der Fichte auf ($N < 1,8$; $Mg > 0,08$; N/Mg um 20). Die Mg-Ernährung ist aber offensichtlich schwächer als in den Kammlagen.

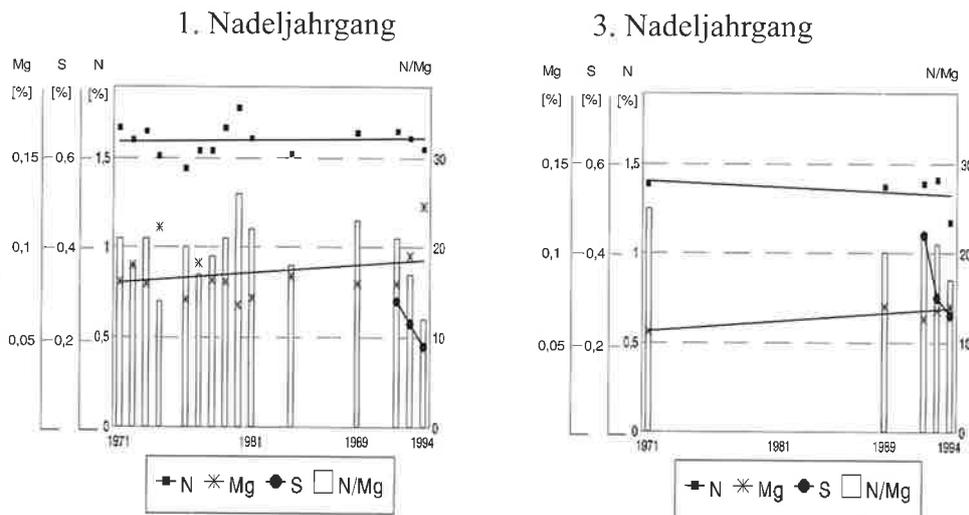


Abb. 6: Ernährung der Fichte auf Rhyolith-Podsol-Braunerden

Die S-Immissionen führten bis 1989 zu Rauchschadsymptomen an der Fichte, aber nicht zum Absterben. Gegenwärtig zeigen die S-Nadel-Spiegelwerte dasselbe Niveau sowie die gleiche abnehmende Tendenz wie in den Kammlagen.

(3) Wachstum der Fichte

Im Vergleich zu den Vorbeständen wächst die Fichte im Tharandter Wald heute wesentlich besser. Die Wuchsbeschleunigung wird lokal auf Stoffeinträge durch die Freiburger Hüttenindustrie sowie regional auf steigende N-Einträge und CO_2 -Konzentrationen zurückgeführt.

Die Wuchsbeschleunigung der Fichte wird von einer zunehmenden Instabilität begleitet. Die kritische Situation der Fichten-Ökosysteme spiegelt sich bereits in der Quellwasserqualität wieder. Die flächendeckenden armen Standorte spenden saures, aluminium- und schwermetallreiches Wasser. Eine intakte Säurepufferung ist nur noch auf den flächenmäßig zurücktretenden Basaltstandorten gegeben.

Tab. 5: Quellwasserqualität im Tharandter Wald in Rhyolith- und Basalteinzugsgebieten nach Abiy

Parameter [mg/l]	Einzugsgebiet Rhyolith (40 Messungen)	Einzugsgebiet Basalt (4 Messungen)	Relation
pH	4,6	6,8	-
Ca^{++}	21,5	43,2	1 : 2
Mg^{++}	4,8	7,5	1 : 1,4
Al^{+++}	4,46	0,04	111 : 1
Zn^{++}	0,21	0,008	26 : 1
Gesamt-S	32,5	22,1	1,4 : 1
NO_3 -N	3,43	2,31	1,4 : 1

Insgesamt gesehen ist also auch in den unteren Berglagen der flächendeckende Fichtenanbau problematisch. Trotzdem ist es aus standortkundlicher Sicht denkbar, die hohen Zuwachsrleistungen der vorhandenen Fichtenbestände zunächst abzuschöpfen und auf diese Weise die Ertragsdefizite in den Hoch- und Kammlagen auszugleichen.. Dabei muß allerdings das weitere Fortschreiten der Bodenversauerung durch Kompensationskalkungen gestoppt werden. Der prinzipiell notwendige Waldumbau ist also in den unteren Lagen nicht so dringlich wie in den Hochlagen. Er kann nach bewährten Verfahren langfristig eingeleitet werden.

Die Erzgebirgswälder sind wissenschaftlich interessante Untersuchungsobjekte, die in den letzten Jahren vielfältig bearbeitet wurden. Rein wissenschaftliche Fragestellungen reichen jedoch in der Waldökosystemforschung nicht mehr aus, um den langfristigen Einsatz von Fördermitteln zu verantworten. Die Öffentlichkeit und die politische Administration erwarten wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn und eine praktisch umsetzbare Leistung. Um diese legitime Forderung erfüllen zu können, suchen die Bearbeiter des Tharandter Verbundprojektes die Zusammenarbeit mit der Landesforstverwaltung und der Sächsischen Landesanstalt für Forsten in Graupa sowie der forstlichen Praxis. Diesem Ziel dient der vorliegende Beitrag.

Strategien und Hemmnisse beim Übergang zum "naturnahen" Waldbau im sächsischen Mittelgebirge

Prof. Dr. habil. R. Mosandl,
Institut für Waldbau der TU Dresden

1. Notwendigkeit des Waldumbaus

Bis vor gar nicht allzu langer Zeit basierte die Forstwirtschaft in Deutschland auf der Theorie des Normalwaldes. Diese bereits Ende des 18. Jahrhunderts entwickelte, und in der Folge vielfach mißverstandene und angefeindete Theorie (s. hierzu das nachstehende Zitat von Eberbach), manifestierte sich in den sogenannten Altersklassenwäldern.

Am Anfang war die Ertragstafel und die Umtriebszeit, und der Herr schuf mit ihrer Hilfe den Normalwald und gebot den Menschen, daß sie keine andere Waldform neben dieser haben sollten.

Eberbach (1912)

Diese Wälder haben das in Abb. 1 wiedergegebene Ansehen.

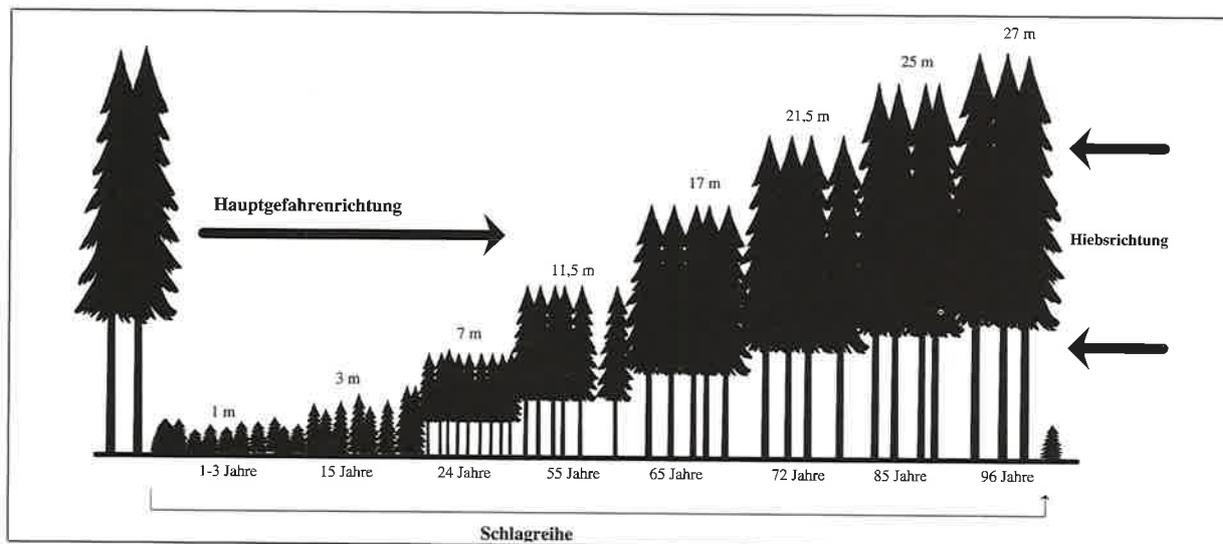


Abb. 1: Der Altersklassenwald (nach Angaben von KURTH, 1994)

Die konsequente Bewirtschaftung dieser Wälder hat dazu geführt, daß die Bestände nach Alter und Höhe geordnet auf der Fläche anzutreffen sind.

Vier Attribute kennzeichnen den Altersklassenwald, wobei sich streng genommen nur das erste zwingend aus der Normalwaldtheorie herleiten läßt.

- (1) Der Altersklassenwald ist so aufgebaut, daß er nachhaltig genutzt werden kann. Tatsächlich zeigen die Ergebnisse der Bundeswaldinventur, daß sich der deutsche Wald - gemessen an der Norm des Normalwaldes - in einem nahezu perfekten Nachhaltsgefüge befindet.
- (2) Der Altersklassenwald zeichnet sich vielerorts durch einen hohen Koniferenanteil aus. So ist beispielsweise im Sächsischen Osterzgebirge der Fichtenanteil in der aktuellen Bestockung nahezu 5 mal so hoch wie in der potentiell natürlichen Bestockung (Tab. 1).

Tab. 1: Vergleich der Fichtenanteile (in ha) der aktuellen mit denen der potentiell natürlichen Bestockung in den Höhenstufen des Osterzgebirges (MOSANDL, KÜBNER, BENABDELLAH 1995a)

Fichtenanteile an der ... (in ha)	Untere Lage	Mittlere Berglage	Höhere Berglage	Kammlage	Gesamt ha	%
... aktuellen Bestockung	5.112	7.056	3.486	88	15.742	465
... potentiell natürlichen Bestockung	189	1.615	1.307	276	3.387	100

- (3) Der Altersklassenwald setzt sich vorwiegend aus Reinbeständen zusammen. Im sächsischen Erzgebirge dominieren die Fichtenreinbestände.
- (4) Der Altersklassenwald zeichnet sich durch eine hohe Instabilität aus. In der Tschechischen Republik, wo ebenfalls Altersklassenwälder vorherrschen, liegen langjährige Daten über die Zufallsnutzungen in diesen Wäldern vor (Abb. 2).

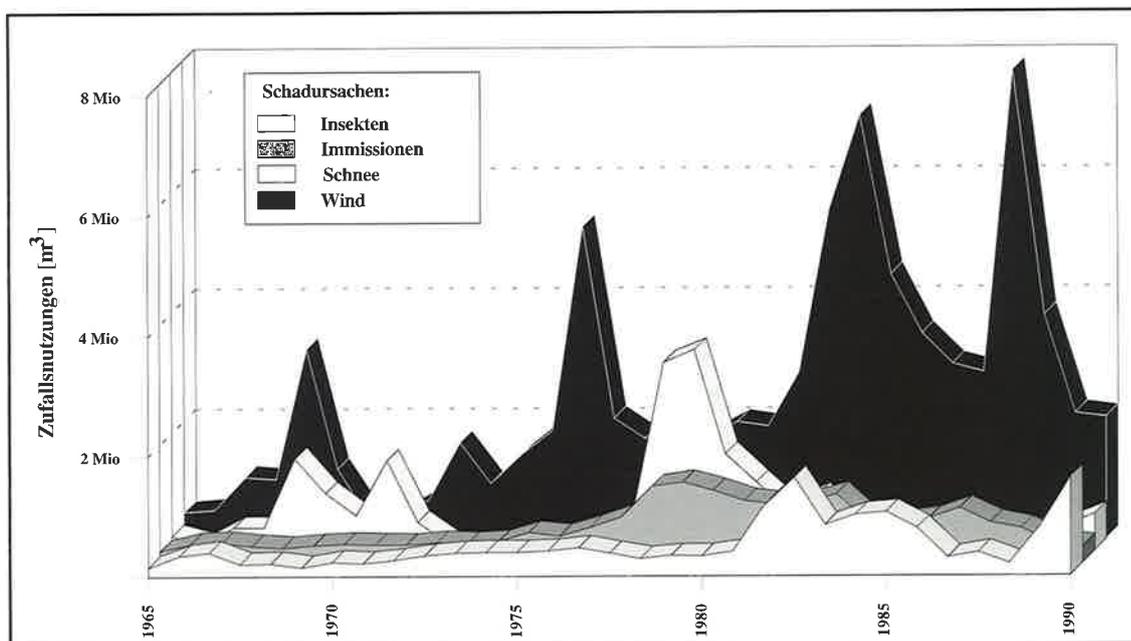


Abb. 2: Zufallsnutzungen in der Tschechischen Republik (POLENO 1994?)

Sturm-, Schnee- und Insektenschäden sind in diesen Wäldern an der Tagesordnung, wo bei die Zufallsnutzungen in den letzten Jahren eine steigende Tendenz aufweisen (Abb. 3). Von etwa 14 Mio fm Gesamteinschlag in der Tschechischen Republik werden mittlerweile nahezu 10 Mio fm über Zufallsnutzungen infolge von Schadereignissen erbracht.

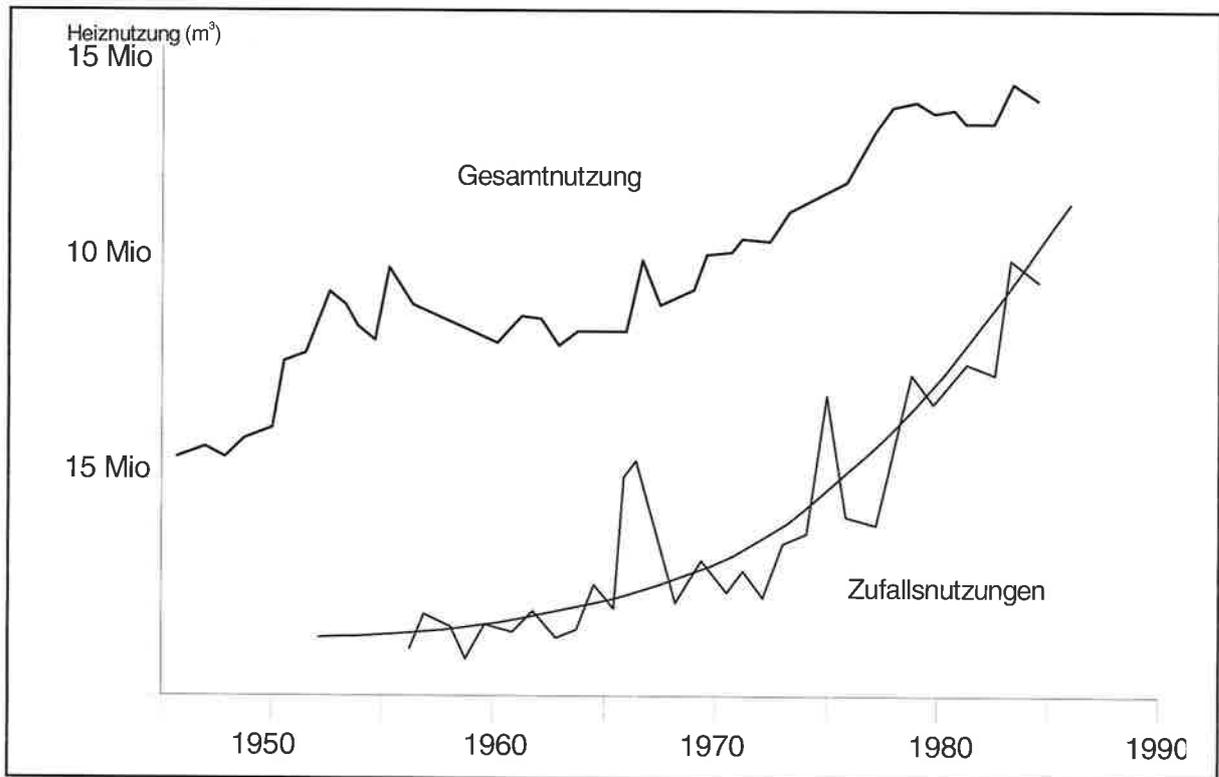


Abb. 3: Die Entwicklung der Zufallsnutzungen (VAVROUSEK et. al. 1989)

Das vierte Kennzeichen des Altersklassenwaldes, die hohe Anfälligkeit gegenüber biotischen und abiotischen Schadereignissen dürfte in erster Linie systemimmanent sein, und erst in zweiter Linie auf zunehmende Belastungen des Waldes zurückzuführen sein. Bei hohem Koniferen- und Reinbestandsanteil steigt mit zunehmenden Bestandesalter und -vorrat das Risiko, daß ein Bestand Opfer von Schadereignissen wird.

Die Verminderung der Anfälligkeit des Waldes ist eine Hauptaufgabe der heutigen Forstwirtschaft. Diese wird sich nur lösen lassen, wenn man sich von der bisherigen Realisierung der Normalwaldidee, dem Altersklassenwald, trennt und sich einer naturnäheren Waldaufbauform zuwendet. Dies erfordert einen Waldumbau auf größerer Fläche.

2. Waldbauliche Strategien

Auch im sächsischen Mittelgebirge wird ein naturnaher Wald angestrebt, wie aus den Waldbau-grundsätzen für den sächsischen Staatswald hervorgeht. Der dazu erforderliche Waldumbau wird vom Lehrstuhl für Waldbau in Abstimmung mit der Sächsischen Landesanstalt für Forsten mit praxisorientierten Forschungsprojekten wissenschaftlich begleitet.

Zunächst wurden für das sächsische Erzgebirge die sechs wichtigsten Ist-Zustands-Typen des Waldes identifiziert, die durch waldbauliche Strategien in einen naturnäheren Soll-Zustands-Typ überführt werden sollen (Abb. 4).

Für die ersten 3 Zustandstypen konnten waldbauliche Versuchsanlagen oder Probeflächen geschaffen bzw. gefunden werden. Dort wurden inzwischen im Rahmen von Diplom- und Doktorarbeiten erste Befunde erarbeitet, die beim Waldumbau in Sachsen Beachtung finden sollten.

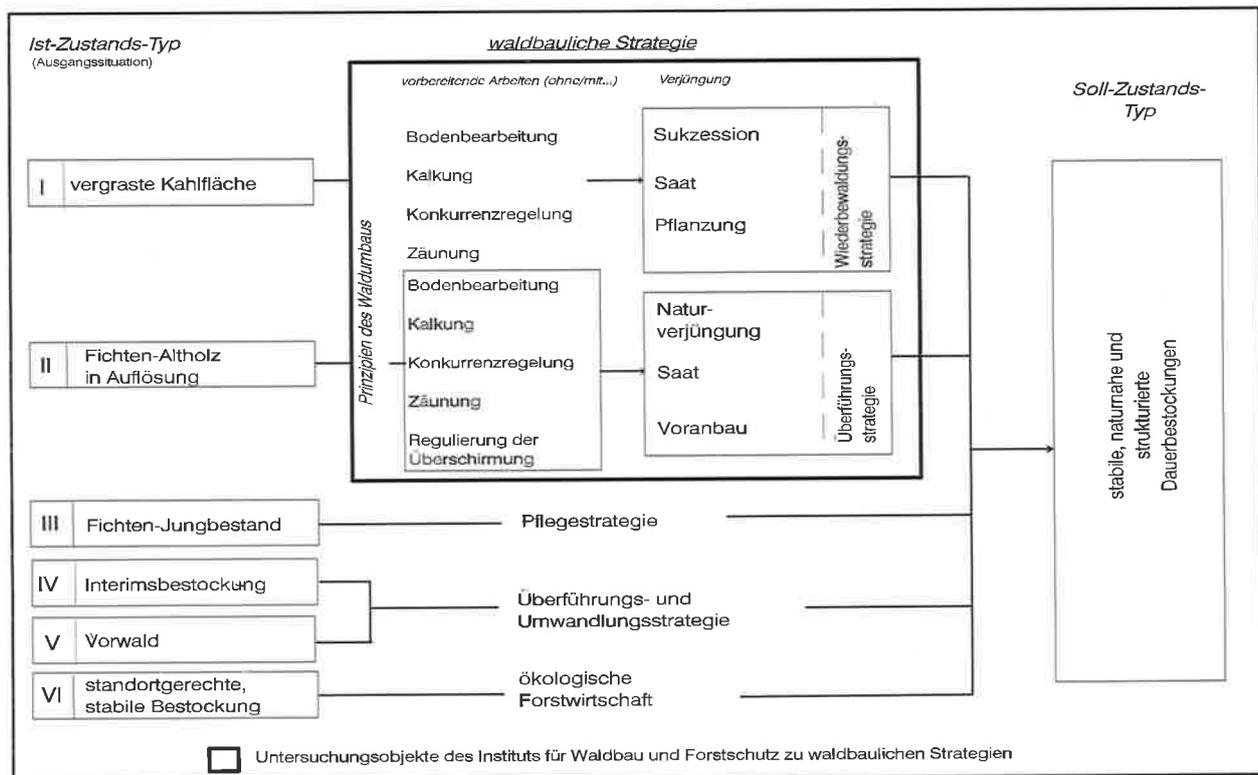


Abb. 4: Ist-Zustandstypen des Waldes im sächsischen Erzgebirge und die zugehörigen waldbaulichen Strategien (MOSANDL, KÜßNER, BENABDELLAH 1995)

Ist-Zustandstyp I: Vergraste Kahlfläche

In den Kammlagen des Erzgebirges finden sich vereinzelt noch unbestockte Kahlflächen, die von einer dichten Grasschicht aus *Calamagrostis villosa* und *Avenella flexuosa* bedeckt sind (Abb. 5).

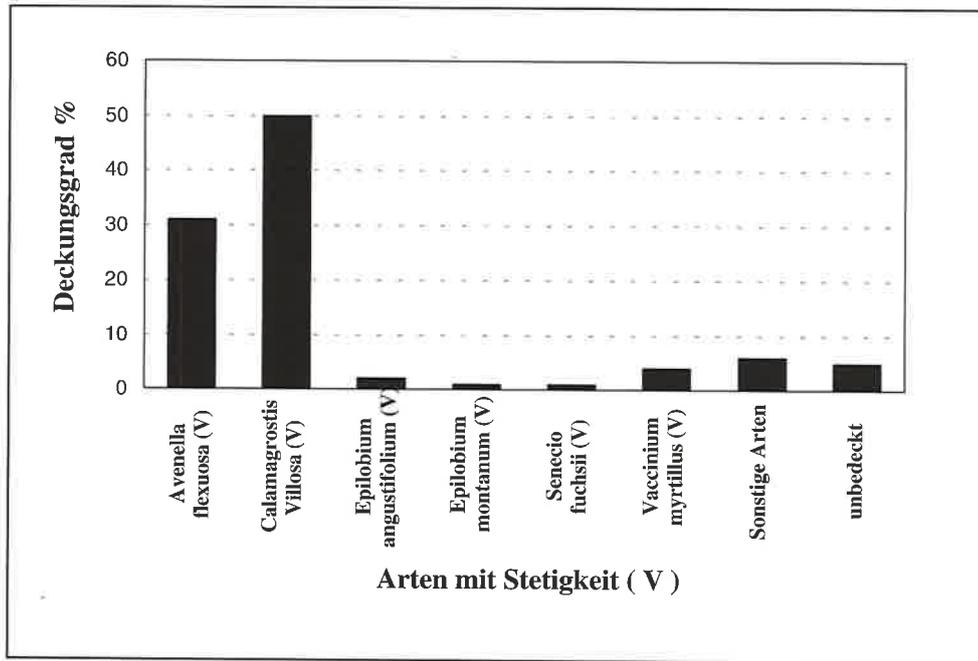


Abb. 5: Die Bodenvegetation in den Kammlagen (MOSANDL, KÜßNER, BENABDELLAH 1995)

In der gesamten Bodenvegetation, die mit 4,3 Tonnen oberirdische Trockensubstanz pro Hektar überaus massereich ist, finden sich kaum noch unbedeckte Bodenpartien (unter 10%). Durch eine Bodenbearbeitung auf diesen Flächen läßt sich der Anteil unbewachsenen Bodens zwar drastisch auf 60 % erhöhen, durch die rasche Wiederausbreitung der Gräser sind aber bereits 1 Jahr nach der Bodenbearbeitung nur noch ca. 40 % des Boden vegetationsfrei. Dies zeigt, wie schnell der Bodenbearbeitungseffekt auf die Grasvegetation nachläßt. Mit für die Verjüngung günstigen Verhältnissen (= freiliegender Mineralboden) ist deshalb nur kurze Zeit nach einer Bodenbearbeitung zu rechnen.

Eine natürlich ausgebrachte Saat von Birke und Eberesche hatte überhaupt Chancen aufzulaufen, wenn das Saatgut auf bodenbearbeitete Flächen gelangte (Abb. 6). Für das vollständige Versagen der Fichtensaat können bislang keine Gründe angeführt werden.

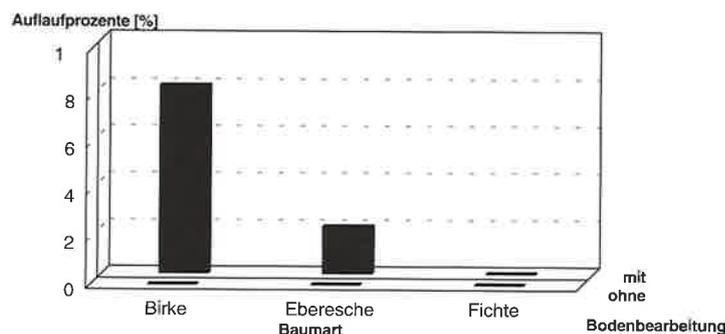


Abb. 6: Die Saat von Birke, Eberesche und Fichte mit und ohne Bodenbearbeitung in den Kammlagen des Erzgebirges (BENABDELLAH 1996)

Die Ergebnisse machen deutlich, daß ein Warten auf die natürliche Sukzession in den Kammlagen in überschaubaren Zeiträumen zu keinen befriedigenden Ergebnissen führen wird. Eine Wiederbewaldung der vergrasteten Kammlagen setzt aktive waldbauliche Maßnahmen wie Bodenbearbeitung in Verbindung mit Saat oder Pflanzung voraus, damit das Ökosystem aus dem stabilen Calamagrostis-Stadium ausbrechen kann.

Ist-Zustandstyp II: Fichten-Altholz in Auflösung

Aufnahmen auf Versuchsflächen im Forstamtsbereich Altenberg erbrachten erstaunlich hohe Dichten der Naturverjüngung in Fichtenaltholzbeständen, die in Auflösung begriffen sind. So wurden auf der Versuchsfläche "Bobbahn" pro Hektar 161 Tsd. Fichten und 3,9 Tsd. Laubbäume, zumeist Birken und Ebereschen registriert. Unweit davon auf der Versuchsfläche "Ladenmühle" wurden pro Hektar 194 Tsd. Fichten, 6 Tsd. sonst. Nadelbäume, zumeist Lärchen und 28,7 Tsd. Laubbäume gefunden. Unter den Laubbäumen waren neben Ebereschen und Birken auch ca. 1 Tsd. Buchen vertreten (Abb. 7).

Die hohen Dichten und die Zusammensetzung der Naturverjüngung lassen es geraten erscheinen, sie in Zukunft verstärkt in eine Waldumbaukonzeption einzubeziehen. Gerade dort, wo noch einige Altbäume der Kategorie "Nicht-Fichte" in der Nähe einer Umbaufläche vorhanden sind (wie beispielsweise auf der Versuchsfläche Ladenmühle), kann ein Umbau nicht nur über den Weg des Voranbaus, sondern auch unter Einbeziehung der Naturverjüngung erreicht werden. Selbst dort wo keine "Nicht-Fichten" zu finden sind, wird sich im Regelfall die Eberesche und die Birke einfinden und so zu einer Anreicherung der Fichtenverjüngung mit Mischbaumarten beitragen.

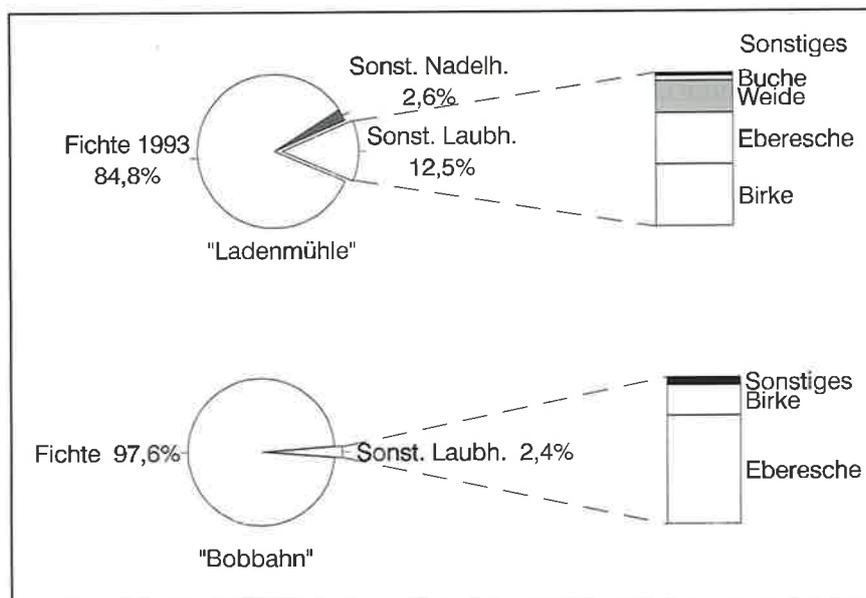


Abb. 7: Naturverjüngungsdichten auf den Versuchsflächen Ladenmühle und Bobbahn (KÜBNER 1996)

Ist-Zustandstyp III: Fichten-Jungbestand

In Fichtenkulturen, die mit etwa 3,5 Tsd. Fichten pro Hektar auf Kahlfächen angelegt wurden, findet sich vielfach nach kurzer Zeit Birkenanflug an. Wie Probeflächenaufnahmen im Tharandter Wald gezeigt haben (Abb. 8), können die Birken stellenweise hohe Dichten erreichen (ca. 26 Tsd. auf der Fläche 3). Auch in der Höhe überragt die Birke die Fichte vielerorts bereits im Kulturstadium beträchtlich (um ca. 80 cm auf Fläche 3). Bis vor kurzem wurden die Konkurrenzverhältnisse in Fichten-Jungwüchsen durch einen rigorosen Aushieb der Birke geregelt, obwohl im Kulturstadium die Birke nachweislich noch keinen größeren negativen Einfluß auf die Dichte und die Höhe der Fichtenpflanzen ausübt (Abb. 8).

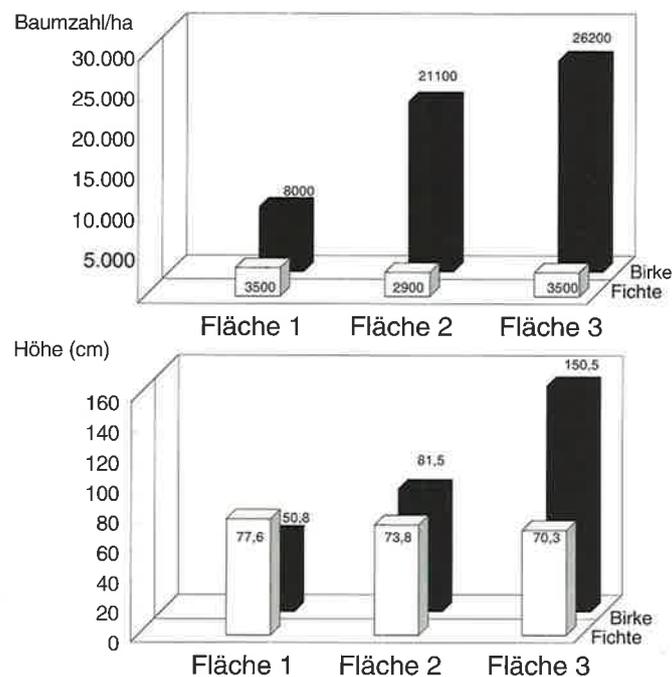


Abb. 8: Die Dichte und Höhe von Fichten und Birken auf 3 Kulturflächen im Tharandter Wald (LANGE 1995)

Interessant erscheint die Frage, was passiert, wenn im Kulturstadium der Birkenaustrieb unterbleibt. Beantwortet werden kann die Frage ebenfalls anhand von Probeflächenaufnahmen im Tharandter Wald. Auf dem genau dokumentierten ökologischen Meßfeld im Tharandter Wald wurde im Jahr 1984 ein Verbandsversuch mit Fichte angelegt, der regelmäßig von aufkommenden Birken freigehalten wurde. Auf einer neben dem Verbandsversuch gelegenen Reserveparzelle unterblieb der Birkenaustrieb. Nach nunmehr 11 Vegetationsperioden konnte im Jahre 1994 durch einen Vergleich der Wachstumsparameter der Fichtenjungwüchse mit und ohne Birkenaustrieb die Wirkung dieses Eingriffes erfaßt werden (Tab. 2).

Tab. 2: Vergleich ausgewählter Wachstumsparameter eines Fichtenjungwuchses mit und ohne Birkenausrieb auf dem Ökologischem Meßfeld Tharandt (Aufnahmen im Herbst 1994, LANGE 1995)

Parameter	Fichtenpflanzung (Sortiment 2/3)		
	mit Birken- ausrieb	ohne Birkenausrieb	
	<i>Fichte</i>	<i>Fichte</i>	<i>Birke</i> *
Ausgangspflanzenzahl 1984 [N/ha]	3500	3500	nicht bestimmt
Pflanzenzahl nach 11 Vege- tationsperioden 1994 [N/ha]	3350	2900	20.650*
Ausfallprozent bis 1994 [%]	4,3	17,1	nicht bestimmt
mittlere Pflanzenhöhe [m]	4,7	4,4	3,8
mittlerer BHD [cm]	5,0	4,4	1,6
mittlerer Höhenzuwachs 1994 [cm]	66	64	nicht bestimmt
mittlere Kronenansatzhöhe [m]	1,0	1,0	2,7
mittlere Kronenlänge [m]	3,6	3,4	1,2
mittlerer Kronenanteil [%]	77	76	31
mittlere Kronenbreite [m]	1,9	1,7	0,6
H/D-Wert [o.D.]	96	104	269

* Angegeben sind lediglich die ertragskundlichen Parameter der Birken über 2m Höhe. Birken unter 2m wurden nur gezählt. Danach sind auf der Fläche ohne Birkenausrieb noch zusätzlich 24.450 Birken im Höhenbereich unter 2m vorhanden.

Danach führt der Birkenaustrieb zwar zu nachweisbaren Effekten an den Fichten: die Ausfallrate nimmt ab, die Pflanzhöhe, der Brusthöhendurchmesser und die Kronenbreite nehmen etwas zu; auch der H/D-Wert wird geringfügig günstiger. Von praktischer Bedeutung sind jedoch all diese Effekte nicht.

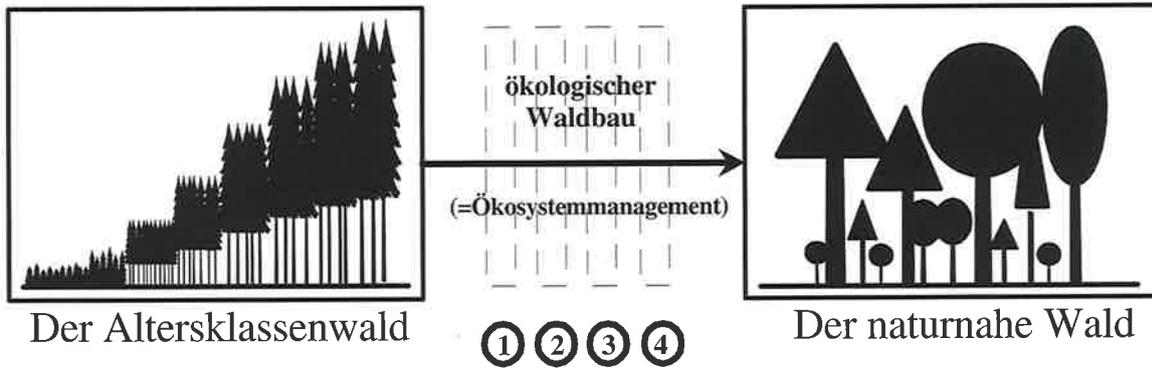
Hingegen ist eine andere Tatsache von erheblicher Bedeutung: Aus dem Bestand, in dem die Birke nicht entfernt wurde, läßt sich mit einem einzigen, gezielten Eingriff ein schöner Mischbestand aus Fichte und Birke herstellen, beim Bestand mit Birkenaustrieb besteht diese Möglichkeit nicht.

Ein Eingriff ist in beiden Beständen in diesem Stadium dringlich, wenn der H/D-Wert der Fichte aus dem gefährlichen Bereich gebracht werden soll. An dem geschilderten Beispiel wird deutlich, daß sich ein Waldumbau auch durch Verzicht auf bestimmte Eingriffe, wie rigoroser Birkenaustrieb im frühen Stadium, erreichen läßt. Allerdings wird auch klar, daß es nicht ganz ohne waldbauliche Eingriffe zur Stabilitätserhöhung und Mischungsregulierung geht.

3. Hemmnisse für den Waldumbau und Vorschläge zu deren Beseitigung

Der Umbau vom Altersklassenwald zum naturnahen Wald im Wege eines zielgerichteten Ökosystemmanagement wird derzeit durch eine Reihe von Hemmnissen gebremst. Die Hemmnisse sind in den Bereichen Organisation und Personal, Planung, Ökonomie und Technologie angesiedelt (Abb. 9).

Durch entsprechende Maßnahmen können diese Hemmnisse abgebaut werden (Abb. 9). Damit kann auch verhindert werden, daß der dem Waldumbau innewohnende Schwung verloren geht. Wenn man den Waldumbau allerdings nicht als große historische Aufgabe, vergleichbar dem Waldumbau zu Zeiten Heinrich Cottas, betrachtet, sondern nach dem Motto agiert "Grüner Wald braucht schwarze Zahlen", dann sollte man jegliche Investition in diese Richtung unterlassen.



Hemmnisse

Bereich	Hemmnisse	Vorschläge zur Beseitigung
1 Organisation und Personal	hierarchisch aufgebaute Organisation der Staatsforstverwaltungen unzureichendes ökologisches Wissen beim forstlichen Personal	Verlagerung von Kompetenzen und Verantwortung auf die unteren, ausführenden Einheiten ökologische Ausrichtung von Forschung und Lehre an den Fachhochschulen und Universitäten
2 Planung	Planung „von oben“ zu starr und unflexibel fehlendes Planungsinstrumentarium (Ertragstafeln) mangelnde Einbindung von außerforstlichen Planungen (z.B. Naturschutz) fehlende Kontrolle der Planung	Flexibilität durch Planung „von unten“ Schaffung eines neuen Rüstzeuges für die Planung (Mischbestandesertragstafeln, Z-Baum-Ertragstafeln, Simulationsmodelle) Beteiligung von außerforstlichen Planungsträgern (wobei die Durchführung weiterhin allein der Forstwirtschaft obliegt) Aufbau neuer Kontrollmechanismen auf der Grundlage permanenter Stichprobeninventuren
3 Ökonomie	mangelnder Holzabsatz v.a. im Schwachholzbereich ungünstige Erlössituation	Förderung der Holzverwendung Abgeltung der Dienstleistungen der Forstwirtschaft, Verteuerung der Substitute, Rationalisierung durch Mechanisierung und biologische Automation
4 Technologie	Instabilität der Waldbestände Gefährdung der Waldbestände durch - Wild - Stoffeinträge aus der Luft - Klimaveränderung mangelndes Wissen über die schlagfreie Wirtschaft	vorsichtiges Arbeiten von Säumen und Lücken her Reduzierung der Wildbestände Reduzierung der Stoffeinträge Reduzierung des Energieverbrauches, Aufforstung Erarbeitung eines theoretischen Konzeptes der schlagfreien Wirtschaft auf der Grundlage ökosystemorientierter Forschungsprojekte

Abb. 9: Hemmnisse für den Waldbau

Literatur

Benabdellah, B. (1996): Nutzung von Sukzessionsabläufen für die Wiederbewaldung der immissionsgeschädigten Kammlagen des Erzgebirges. Tharandt. Projekt-Zwischenbericht 1996 (unv.)

Kurth, H. (1994): Forsteinrichtung - Nachhaltige Regelung des Waldes. Deutscher Landschaftsverlag Berlin 1994

Küßner, R. (1996): Natürliche Verjüngungsprozesse in Fichtenbeständen des Osterzgebirges. Tagungsbericht Deutscher Verband Forstlicher Versuchsanstalten. Sektion Waldbau. Göttingen 1995 (im Druck)

Lange, Chr. (1995): Untersuchungen zum Einfluß von Birke (*Betula pendula* ROTH.) auf Fichte (*Picea abies* L.) an ausgewählten Mischbestockungen des Tharandter Waldes. Diplomarbeit Tharandt 1995

Mosandl, R.; Küßner, R.; Benabdellah, B. (1995): Waldbauliche Untersuchungen in den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges. XI Gemeinsames Waldbau-Kolloquium "Brno - Tharandt", Karsdorf 12.-14.10.1994, S. 76-101

Mosandl, R.; Küßner, R.; Benabdellah, B. (1995a): Untersuchungen zur Struktur, Dynamik und Stabilität ausgewählter Waldökosysteme zur Ableitung von Prinzipien für einen ökologisch begründeten Waldumbau. In: Verbund-Forschungsprojekt "Untersuchungen von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage eines ökologisch begründeten Waldumbau". Tharandt 1995, S.114-123

Poleno, Z. (1994?): Privatisation of the state forests (Manuskript)

Vavrousek, J.; B. Moldan (1989): Stav a vyvoj zivotnilev prosredi v Ceskoslovensku. Praha

Tab. 4: Maßnahmen zum Waldumbau mit Verjüngungs- sowie Erziehungs- und Pflegemethoden

Strukturelemente	Verjüngungsmethoden				Erziehungs und Pflegemaßnahmen in vorhandenen Beständen	
	auf Freiflächen	natürlich	künstlich	in vorhandenen Beständen	natürlich	künstlich
Artenstruktur	Freiflächen-Sukzession: Immigration geotop- und funktionsgerechter Baumarten	Freiflächen-Sukzession: Anbau von Bestandeszieltypen mit geotop- und funktionsgerechten Baumarten	Bestandes-Sukzession: spontane Ansiedlung von Baumarten, die in der potentiellen Waldgesellschaft vertreten sind und bei ungestörter Entfaltungsmöglichkeit zu deren Entwicklung oder Aufbau beitragen sowie Naturverjüngung: Regeneration von Baumarten, die im Bestand bereits vorhanden sind und auch in der folgenden Generation mit am Bestandesaufbau beteiligt sein sollen, durch Schirm-, Saum- und Lückenverjüngung	Einbringung biotopisch und funktional geeigneter Mischbaumarten durch Unter-, Vor- und Lücken-anbau	Mischungsregulierung im Sinne des ökologisch und funktional definierten Zielwaldes	Mischungsregulierung im Sinne des ökologisch und funktional definierten Zielwaldes
Altersstruktur	Aus Kenntnis des Geotops und der Diasporensprender ergibt sich eine Prognose des Sukzessionsverlaufs, der dann im Sinne eines ökologisch und funktional definierten Zielwaldes gesteuert wird.	Begründung gleichaltriger Bestockungen mit <ul style="list-style-type: none"> Bäumen verschiedener Zeittypen oder dem Ziel eines späteren Unterbaus 	Naturverjüngung: Regeneration von Baumarten, die im Bestand bereits vorhanden sind und auch in der folgenden Generation mit am Bestandesaufbau beteiligt sein sollen, durch Schirm-, Saum- und Lückenverjüngung	Einbringung biotopisch, zytogenetisch und funktional geeigneter Mischbaumarten durch Unter-, Vor- und Lücken-anbau	Altersregulierung im Sinne des ökologisch und funktional definierten Zielwaldes	Anwendung zum Dauerwald überleitender unkonventioneller Durchforstungsverfahren: <ul style="list-style-type: none"> Strukturdurchforstung Gruppendurchforstung
Raumstruktur	Beispiele: Sukzessionen, bes. auf Extremstandorten, Kippen, Brandflächen und Rauchschadenblößen	Begründung gleichaltriger Bestockungen mit <ul style="list-style-type: none"> Bäumen verschiedener Raumtypen oder dem Ziel eines späteren Unterbaus 	Naturverjüngung: Regeneration von Baumarten, die im Bestand bereits vorhanden sind und auch in der folgenden Generation mit am Bestandesaufbau beteiligt sein sollen, durch Schirm-, Saum- und Lückenverjüngung	Einbringung biotopisch, auxogenetisch und funktional geeigneter Mischbaumarten durch Unter-, Vor- und Lücken-anbau	Regulierung der Raumstruktur im Sinne des ökologisch und funktional definierten Zielwaldes	

Einfluß des boden- und ernährungskundlichen Zustands auf die Verfahren des Waldumbaus

Dr. Meyer-Heisig,
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Einleitung

Im Rahmen des Projektes *“Umbau von immissionsgeschädigten Waldflächen der sächsischen Mittelgebirge zu naturnahen Bestockungen unter besonderer Berücksichtigung der Buche”* der LAF Graupa wurden auch die Voraussetzungen für ein Gelingen des Waldumbaus aus bodenkundlicher Sicht geprüft. Dazu wurden auf 38 repräsentativen Standorten der Boden, der Humus, die Bodenvegetation und häufig auch die Bodenlösung untersucht. Die Standorte stellen zum einen typische Ausgangssituationen des Waldumbaus dar, also mehr oder weniger aufgelichtete Fichtenalthölzer, und zum anderen Praxisflächen, auf denen bereits vor einiger Zeit mit dem Umbau begonnen wurde. Besonders intensiv untersucht wurden die durch das Projekt angelegten Umbau-Versuchsflächen in Taubenbach (FA Cunnersdorf, Sächs. Schweiz) und Morgenröthe (FA Klingenthal, Westerkgebirge). Auf den letztgenannten Flächen liegen auch Dauerbeobachtungsflächen der LAF Graupa. Abb. 1 zeigt die Aufgaben der Bodenkunde innerhalb des Umbau-Projekts.

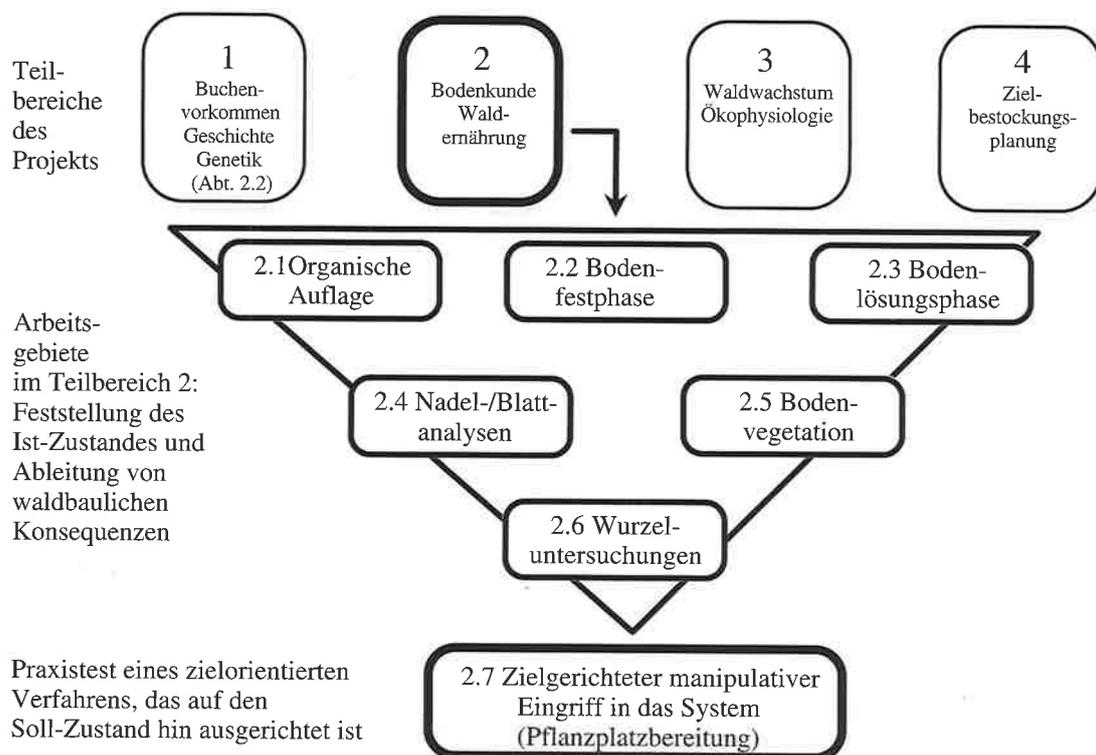


Abb. 1: Aufgabenbereiche der Bodenkunde innerhalb des Umbau-Projekts

Methodik

Die Probenahme der Bodenfestphase und des Humus erfolgte in enger Anlehnung an die Methodik der bundesweiten Bodenzustandserhebung (BZE), um eine gute Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten. Ein besonderes Augenmerk wurde der Bodenlösung geschenkt, die mit fest eingebauten oder mobilen Lysimetern über Zeiträume von 8 bis 80 Wochen gewonnen wurde. Insgesamt wurden 1760 Wasserproben und zahlreiche Boden-, Humus- und Pflanzenproben laborüblich analysiert (Details s. Abschlußbericht des Projekts; LAF, 1995).

Zunächst wurde unter Auswertung der vorhandenen Literatur und der selbst erhobenen Daten der Ausgangszustand aus boden- und ernährungskundlicher Sicht festgestellt und daraus eine Strategie für den Beitrag der Bodenkunde zum Umbau abgeleitet. Erfahrungen der Praxis flossen hierbei mit ein.

Ausgangszustand

Zustand der Böden in den Mittelgebirgen

Die Böden bilden als wesentlicher Faktor im Beziehungsgefüge Bestand-Klima-Boden eine grundlegende Basis für den angestrebten Umbau der sächsischen Fichtenforsten. Ohne die Berücksichtigung der vom Standort vorgegebenen Bedingungen ist der Waldumbau nicht möglich.

In Abb. 2 ist die Verteilung der ermittelten Pufferbereiche (ULRICH, 1981) für die beprobten 38 Profile dargestellt. Der Carbonat-Pufferbereich wurde in keinem Profil festgestellt, der Silikat-Pufferbereich nur in zwei Profilen, und dort auch nur in der untersten Tiefenstufe. Auch der Austauscher-Pufferbereich fand sich praktisch nur in den untersten beiden Tiefenstufen. Der bodenchemische Zustand ist bei fast allen untersuchten Böden durch den Aluminium-, den Al/Fe- oder den Eisen-Pufferbereich beherrscht. In diesen Pufferbereichen, die durch pH-Werte unter 4,2 gekennzeichnet sind, kommt es zur Dominanz von Al^{3+} - und Fe^{3+} -Ionen in der Bodenlösung. Die Ursache hierfür ist die Tatsache, daß der vorherrschende Puffermechanismus in der Herauslösung von Al-Ionen aus den Tonmineralen sowie dem Angriff auf Al- und Fe-Hydroxide besteht. Vor allem die Freisetzung der Aluminium-Ionen hat folgenreiche Konsequenzen für die Zusammensetzung der Bodenlösung und die Ionenaufnahme durch die Pflanzen. Die Zellgiftigkeit des Aluminiums in Form von freiem Al^{3+} in Lösung ist hinlänglich bekannt. In Verbindung mit den geringen Basenvorräten ergeben sich für die Feinwurzeln, die alle Vegetationsorgane des Baumes mit Nährstoffen versorgen müssen, gefährlich niedrige Ca/Al-Verhältnisse (s. unten).

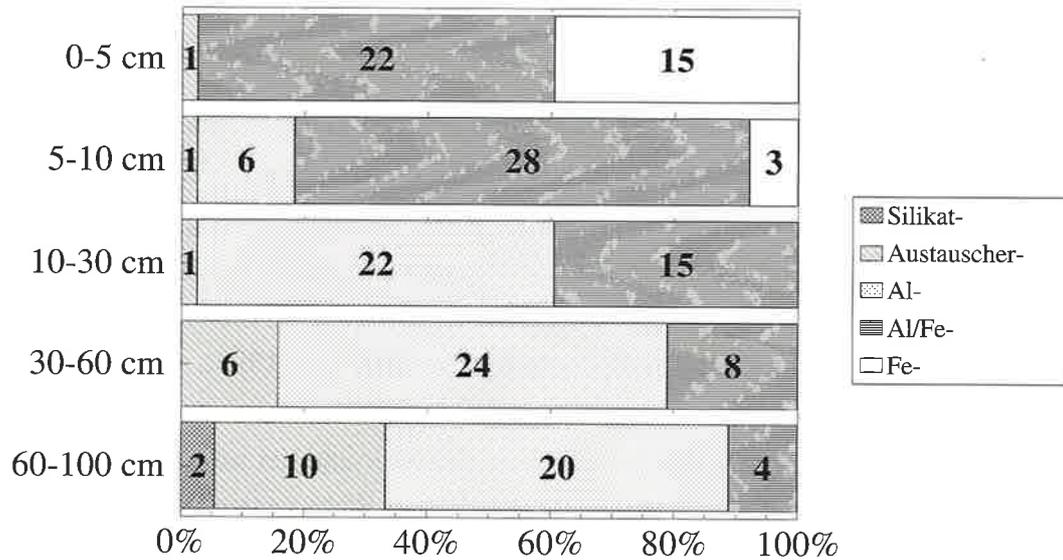


Abb. 2: Verteilung der Pufferbereiche nach Bestimmung des $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ von 38 Profilen nach Tiefenstufen

Daß die Versauerung unabhängig von der kartierten Nährkraftstufe die Böden betrifft, zeigt die Abb. 3. Bis 30 cm Bodentiefe liegt die mittlere Basensättigung der Nährkraftstufen K, M und Z eng beieinander, wobei die K-Standorte in den obersten beiden Tiefenstufen sogar nur die geringste Basensättigung aufweisen.

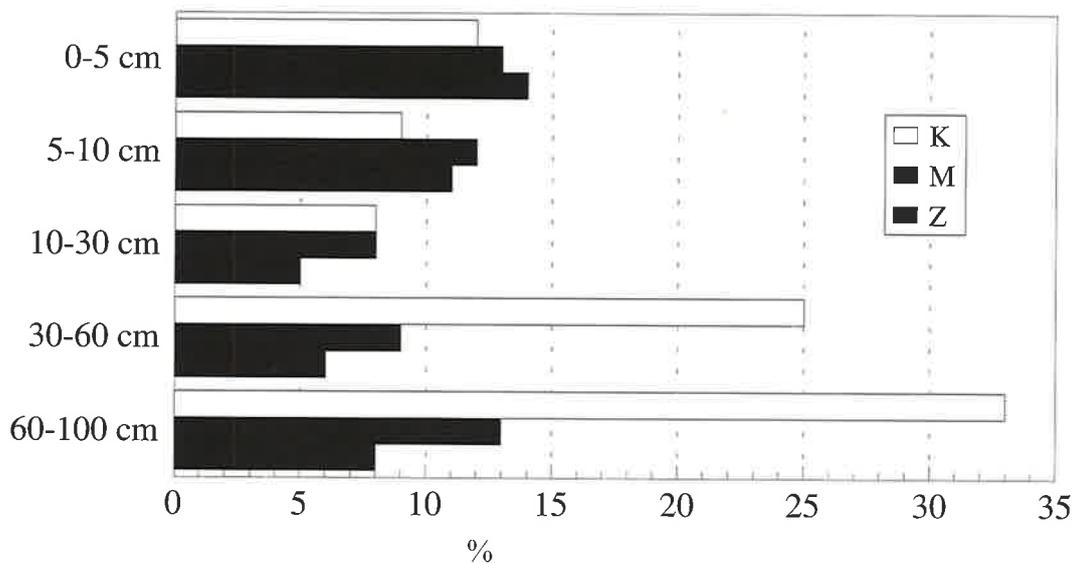
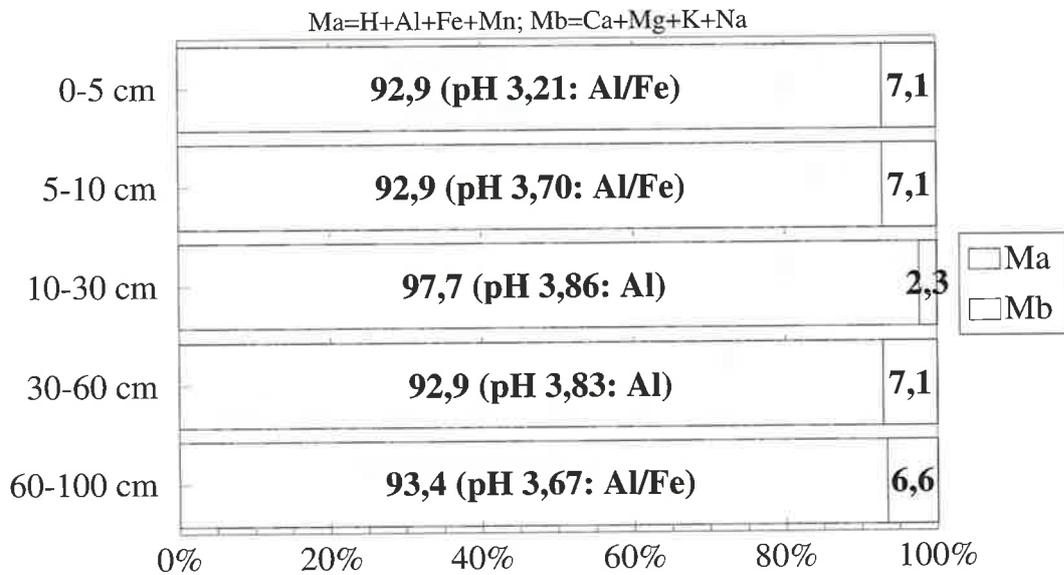
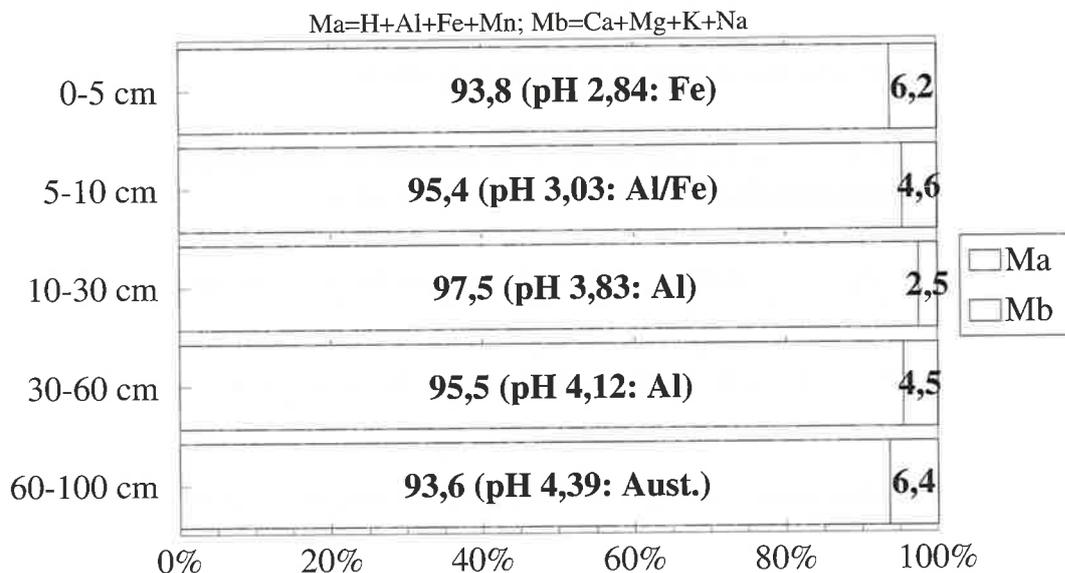


Abb. 3: Basensättigung terrestrischer Standorte nach Nährkraft- und Tiefenstufen (3 K-, 21 M-, 11 Z-Standorte)

Als Beispiele für den aktuellen Bodenzustand umbauwürdiger Fichtenaltbestände werden zwei Profile der Versuchsflächen vorgestellt. Die Bestände in Taubenbach (89j., 450 m ü. NN, Uf-Z2, Abb. 4) und Morgenröthe (74j., 830 m ü. NN, Hf-Z3, Abb. 5) sind typische für den Umbau anstehende Flächen. Beide Standorte weisen Böden auf, die über den gesamten potentiellen Wurzelraum stark versauert sind und bereits im Aluminium- oder gar Aluminium-/Eisen-Pufferbereich liegen. Diese Pufferbereiche sind aufgrund der jeweils vorherrschenden Pufferreaktion durch eine extrem hohe Belegung der Austauscherplätze mit säurebildenden M_a -Kationen, insbesondere Aluminium und Eisen, gekennzeichnet. Der Anteil der basenbildenden M_b -Kationen ist dementsprechend gering und erreicht auf beiden Standorten bis 1 m Bodentiefe nicht einmal 8 %.



AKe (kmol/(ha*Tiefenstufe)): 0-5 cm: 65; 5-10 cm: 50; 10-30 cm: 53; 30-60 cm: 270; 60-100 cm: 513
 Abb. 4: Austauscherbelegung, pH(KCl) und Pufferbereiche in Taubenbach, Abt. 157 a³



AKe (kmol/(ha*Tiefenstufe)): 0-5 cm: 44; 5-10 cm: 57; 10-30 cm: 166; 30-60 cm: 147; 60-100 cm: 104

Abb. 5: Austauscherbelegung, pH(KCl) und Pufferbereiche in Morgenröthe, Abt. 251 a⁴

In dem Bodenbereich, der als oberer Hauptwurzelraum der zukünftigen Waldgeneration dienen soll, also in 10 bis 30 cm Tiefe, finden sich bei den beiden untersuchten Böden die geringsten Basengehalte. Der Grund liegt darin, daß der Boden oberhalb noch humusbeeinflusst ist und unterhalb teilweise noch günstigere Bedingungen durch das Ausgangsgestein vorliegen. Diese Erscheinung findet sich auch bei Betrachtung aller untersuchten Standorte, denn auch hier liegen sowohl der Mittelwert als auch der Median trotz großer Streuung unter 10 % Basensättigung (Abb. 6). Damit haben diese Mittelgebirgsböden vielfach den *Eisernen Bestand* (WITTICH, 1942) erreicht.

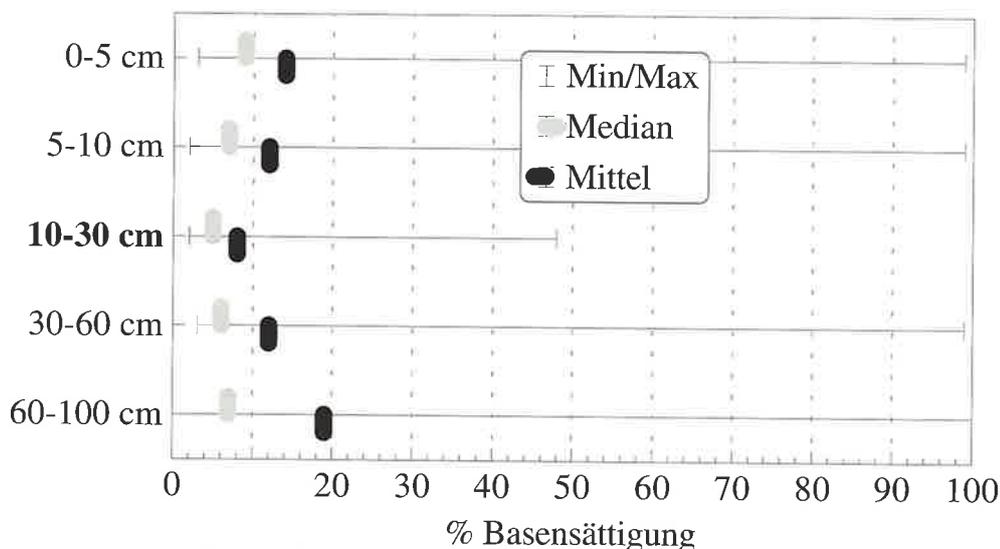


Abb. 6: Basensättigung (Ca+Mg+K+Na) aller untersuchten Standorte nach Tiefenstufen.

Die mittleren pH(KCl)-Werte, die erst in der untersten Tiefenstufe (60 - 100 cm) über 4 liegen, veranschaulichen die extreme Versauerung der Humusaufgabe und des Mineralbodens (Tab. 1). Hier werden bereits die weiter unten beschriebenen Schwierigkeiten für die Durchwurzelung der Altbäume und die Verjüngung (Keimlingswurzeln!) deutlich.

Tab. 1: Mittlere pH(H₂O)- und pH(KCl)-Werte im Humus und im Mineralboden in 15 Profilen unter Buchen(misch)wäldern und 20 Profilen unter Fichte

	O _{1/f}		O _h		0-5 cm		5-10 cm		10-30 cm		30-60 cm		60-100 cm	
pH	BU	FI	BU	FI	BU	FI	BU	FI	BU	FI	BU	FI	BU	FI
(H ₂ O)	4,46	4,54	4,29	4,00	4,08	3,81	4,32	4,01	4,39	4,30	4,50	4,48	4,60	4,82
(KCl)	3,77	3,84	3,54	3,31	3,26	2,99	3,63	3,29	3,86	3,78	4,00	4,00	4,07	4,25

Die Ergebnisse des Projekts decken sich gut mit denen der sächsischen Ergebnisse für die BZE (SML, 1994). Auch diese belegen eine weitreichende Versauerung und Nährstoffverarmung. Die nach wie vor hohen Depositionsraten stellen den aktuellen Motor für eine fortdauernde Bodendegradation sowie für anzunehmende direkte Schäden an den Vegetationsorganen dar. Dabei sind abnehmende Schwefel- und steigende Stickstoff-Ablagerungen zu verzeichnen. Die

Hypotheken aus der Vergangenheit (Streunutzung, Waldweide, Fichten-Reinbestandswirtschaft) sind durch das „Langzeitgedächtnis des Bodens“ ebenfalls standortbestimmend. Nachteilig wirkt sich ferner aus, daß die Böden des Untersuchungsraumes auf großer Fläche von Natur aus nicht basenreich sind und den sauren Einträgen deshalb nicht lange Widerstand entgegenbringen konnten.

Wie die Untersuchungen der LAF Graupa zeigen, führen die an den Versuchsstandorten Taubenbach und Morgenröthe eingetragenen Säuren, die in Kalkäquivalenten etwa 200 bis 300 kg/(a*ha) betragen, offensichtlich über Pufferreaktionen zu einer Auflösung von Aluminium-Sulfat-Verbindungen. Die Ökosystem-Bilanzen für Sulfat-Schwefel und Aluminium sind daher negativ. Dies gilt auch für Calcium und Magnesium. Stickstoff wird gegenwärtig noch im System (im Humus?) gespeichert. Neben der Weitergabe des zellschädlichen Aluminiums an den Sickerwasserleiter und von dort in Quellen und Bäche verlieren beide Ökosysteme demnach weiterhin Basen.

Die weitreichende und tiefgreifende Bodenversauerung betrifft praktisch den gesamten Untersuchungsraum und führt zu einer Nivellierung bodenchemischer Eigenschaften. Die Bedeutung der Morphologie tritt demgegenüber - außer bei den nicht terrestrischen Böden - in den Hintergrund. So fand sich bei Podsolen häufig eine praktisch identisch hohe Aluminiumsättigung über die ganze Profiltiefe bis 1 m Tiefe hinweg, unabhängig von den Bodenhorizonten.

Humusauflage

Ein weiteres Problem beim Waldumbau ergibt sich durch die zumeist vorhandenen mächtigen, biologisch inaktiven Humusauflagen. An Humusformen wurden an den 38 aufgenommen Profilen

mullartiger Moder	1	= 2,6 %
Moder	14	= 36,8 %
rohhumusartiger Moder	2	= 5,3 %
Rohhumus	21	= 55,3 % festgestellt.

Diese Humusmengen speichern große Quantitäten an Nährstoffen, die dem Stoffkreislauf auf diese Weise entzogen sind. Die Humusmengen von 20 Fichten- und 15 Buchen(misch)beständen zeigt Tab. 2. Zwar sind die Humusvorräte in den Buchenwäldern im Mittel geringer als die unter Fichte, die Unterschiede sind jedoch nicht gravierend.

Tab. 2: Minimale, mittlere und maximale Humusvorräte (t/ha) der org. Auflage von 15 Buchen(misch)- und 20 Fichtenbeständen

	BU	FI
Minimum	62	103
Mittelwert	121	145
Maximum	187	194

In Tab. 3 sind Medianwerte der Basenvorräte im Boden von 0 bis 60 cm Tiefe und in der Humusaufgabe von 15 Buchen(misch)- und 20 Fichtenbeständen dargestellt. Die Flächen, für die Kalkungen dokumentiert sind, wurden meist in den 80er Jahren beflugen bzw. bei Voranbauten wurde der Kalk eingepflügt. Bei Calcium sind die Kalkungen noch deutlich nachvollziehbar, während die leichter löslichen Magnesiumbestandteile offensichtlich schon weitgehend ausgewaschen wurden. Beachtenswert sind die sehr hohen Anteile der Basen am Rhizosphärenpool, die in der Humusaufgabe fixiert sind und bei Magnesium jeweils über 80 % betragen. Das Ziel von Bodenbearbeitungen muß es in jedem Fall sein, den Auflagehumus in Mineralbodenhumus umzuwandeln, um im unteren Wurzelraum Speicherkapazität aufzubauen und den im Humus gespeicherten Nährstoffvorrat behutsam in den Elementvorrat des Bodens zu integrieren.

Tab. 3: Gesamtvorräte an Calcium und Magnesium in der Rhizosphäre (Org. Auflage + Mineralboden 0-60 cm; Median) nach Bestockung und bekannten Kalkungen sowie Anteile der Humusaufgabe an diesen Vorräten

	Ca gesamt		davon im Humus		Mg gesamt		davon im Humus	
	gekalkt	ungekalkt	gekalkt	ungekalkt	gekalkt	ungekalkt	gekalkt	ungekalkt
	kg/ha		%		kg/ha		%	
BU	1143	557	79	59	311	256	88	85
FI	924	458	67	70	276	297	85	83

Bei großer Streuung, aber extrem linksschiefer Verteilung liegen die mittleren Ca- bzw. K-Vorräte bei etwa 200 kg/ha, die von Mg bei ca. 40 kg/ha im Boden bis 60 cm. Diese Vorräte in der Rhizosphäre werden als bedenklich gering für die folgende Waldgeneration eingeschätzt. Als Beispiel für die Nährstoffverteilung zeigt die Abb. 7 die Verhältnisse in Taubenbach, Abt. 157 a³. Besonders bei Magnesium fällt die Vorratsfunktion des Humus auf.

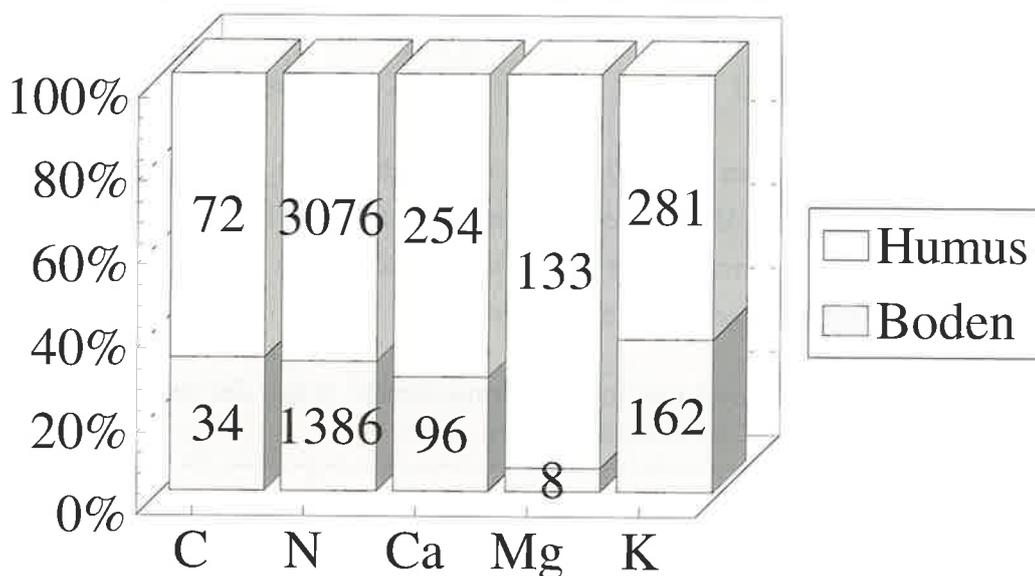


Abb. 7: Elementvorräte in Humusaufgabe und Mineralboden (0-60 cm) am Beispiel Taubenbach, Abt. 157 a³

Die C/N- und C/P-Verhältnisse für den Auflagehumus und den Mineralboden (nur C/N) sind in Tab. 4 angegeben.

Tab. 4: C/N- und C/P-Verhältnisse in 15 Buchen(misch)- und 20 Fichtenwald-Profilen im Auflagehumus und im Boden bis 60 cm Tiefe (n.b.= nicht bestimmt)

	O/f		Oh		0-5 cm		5-10 cm		10-30 cm		30-60 cm	
	BU	FI	BU	FI	BU	FI	BU	FI	BU	FI	BU	FI
C/N	21	22	19	22	19	22	19	22	19	21	19	22
C/P	392	396	272	334	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Von der morphologischen Humusform konnte kein Rückschluß mehr auf das C/N-Verhältnis gezogen werden. Es lag beim mullartigen Moder bei 18, bei den übrigen Humusformen zwischen 20 und 22. Für das C/P-Verhältnis ist jedoch eine Zuordnung zu Humusformen noch möglich. Beim mullartigen Moder liegt es bei 200, bei den Auflagehumusformen zwischen 340 und 400. Die Aufteilung der C/N- und C/P-Verhältnisse nach Baumarten (Tab. 4) zeigt praktisch nur verschwindend geringe Unterschiede an. Auch REIFF und EBERL (1994) fanden nur wenig ausgeprägte Unterschiede zwischen Buche, Fichte und ihren Mischungen in montanen Lagen des Harzes um 500 m Seehöhe. Weiterhin ermittelten sie ebenfalls von der Morphologie abweichende C/N- und C/P-Verhältnisse. Ihre Ergebnisse werten sie als Folge von N-Einträgen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch BUBERL et al. (1994) für die BZE in Baden-Württemberg. Bei C/P-Werten über 200 ist mit einer durch P-Mangel bedingten Hemmung des Streuabbaus zu rechnen (ULRICH et al., 1984). Während also die C/N-Verhältnisse auf günstigere Humusformen hindeuten, zeigen die C/P-Verhältnisse eher Probleme bei der Streuzersetzung an, die der Morphologie der organischen Auflage auch entsprechen. Dies bedeutet, daß die relativ engen C/N-Verhältnisse weniger auf einen Umbau der Humusaufgabe als vielmehr auf gestiegene N-Depositionen zurückzuführen sind. Die Störungen in der Streuzersetzung verschärfen den oben beschriebenen Basenmangel im Boden.

Bodenlösung

Die Bodenlösung der untersuchten Flächen spiegelt die aktuell für die Pflanzen zur Verfügung stehende Zusammensetzung an Elementen wider. Sie ist auf den meisten Flächen durch eine Dominanz des Sulfats bei den Anionen und des Aluminiums bei den Kationen geprägt. Dies verdeutlicht den Einfluß der vorherrschenden Pufferreaktionen. Diese Werte betragen über 80 Wochen hinweg auf unbehandelten Parzellen der Versuchsfläche Taubenbach in 60 cm Tiefe beispielsweise im Mittel 64 % Al an der Kationensumme und 88 % Sulfat an der Anionensumme (Tab. 5). Die absoluten Konzentrationen an Aluminium überschreiten den EG-Trinkwassergrenzwert von 0,2 mg/l häufig um ein Vielfaches.

Tab. 5: Mittelwerte für pH, Sulfat-, Nitrat- und Al-Konzentrationen; Sulfatanteil an der Anionensumme; Al- und Ca-Anteile an der Kationensumme; Aziditätsgrad (ACG); Ca/Al- und Mg/Al-Verhältnis in der Bodenlösung der unbehandelten Parzellen der Intensivfläche Abt. 157 a³ Taubenbach (Altbestand)

	pH	SO ₄	NO ₃	Al	SO ₄	Al	Ca	ACG	Ca/Al	Mg/Al
Meßebene		mg/l			%				mol/mol	mol/mol
Humus	3,6	34	12	3	68	20	23	57	1,9	0,6
10 cm	3,8	34	1	4	83	41	16	68	0,7	0,2
60 cm	4,1	138	8	19	88	64	16	72	0,4	0,1
100 cm	4,3	145	9	11	88	32	30	38	2,0	1,6

Die Abhängigkeit der Al-Konzentration und damit des Gefährdungspotentials für Mikroorganismen (Zersetzer) und Feinwurzeln vom Sulfatgehalt zeigt die folgende Abb. 8. Die Zeitreihen der molaren Al-Konzentration laufen parallel zu denen des Sulfat-Schwefels. Hohe Sulfatfreisetzungen im Boden werden also durch hohe Aluminium-Freisetzungen begleitet.

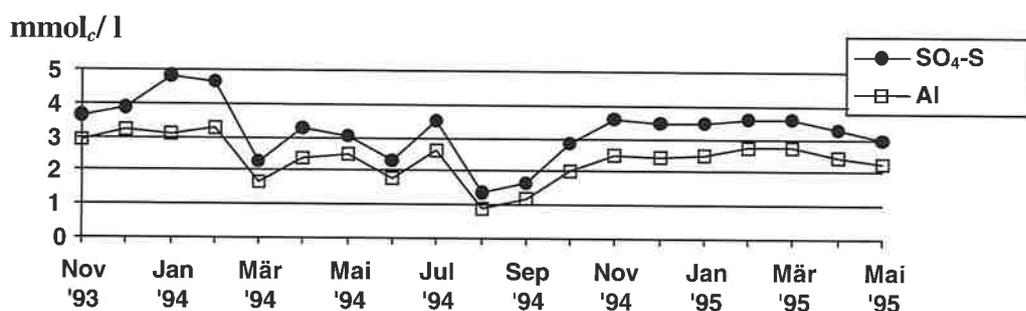


Abb.8: Zeitreihen der Konzentration von Al und Sulfat-S in mmol/l in Taubenbach, Abt. 157 a³, Parzelle 16, 60 cm Tiefe

Feinwurzeln

Die Zusammensetzung der Bodenlösung hat direkte Auswirkungen auf die Feinwurzelsvitalität und -dynamik, da die Wurzeln aus diesem Medium die Nähr- und Schadstoffe beziehen. Um einen Einblick in die aktuelle Wurzelverteilung zu erhalten, wurden die Feinwurzelmenen nach der Göttinger Methode bis 60 cm Tiefe ermittelt. Die Fraktionen wurden in vitale und subvitale Feinwurzeln (→ 2 mm) getrennt. Diese aufwendigen Untersuchungen wurden in den Altbeständen der beiden Versuchsflächen durchgeführt. Sie erbrachten deutliche Ergebnisse. Die insgesamt ermittelten Mengen vitaler Feinwurzeln sind mit 2,7 t/ha in Taubenbach und mit 5,5 t/ha in Morgenröthe gering. Es finden sich mit zunehmender Tiefe stark steigende Totwurzelaufteile, die in 30 bis 60 cm Tiefe in Morgenröthe 64 und in Taubenbach sogar 91 % der gesamten Feinwurzelmasse ausmachen (Abb. 9 und 10).

Als Ursache für die hohen Totwurzelaufteile in größerer Bodentiefe wird Aluminium-Streß angenommen. Die Ca/Al- und Mg/Al-Verhältnisse sind in lebenden Feinwurzeln bei beiden Standorten stets größer als in subvitalen (Abb. 11 und 12).

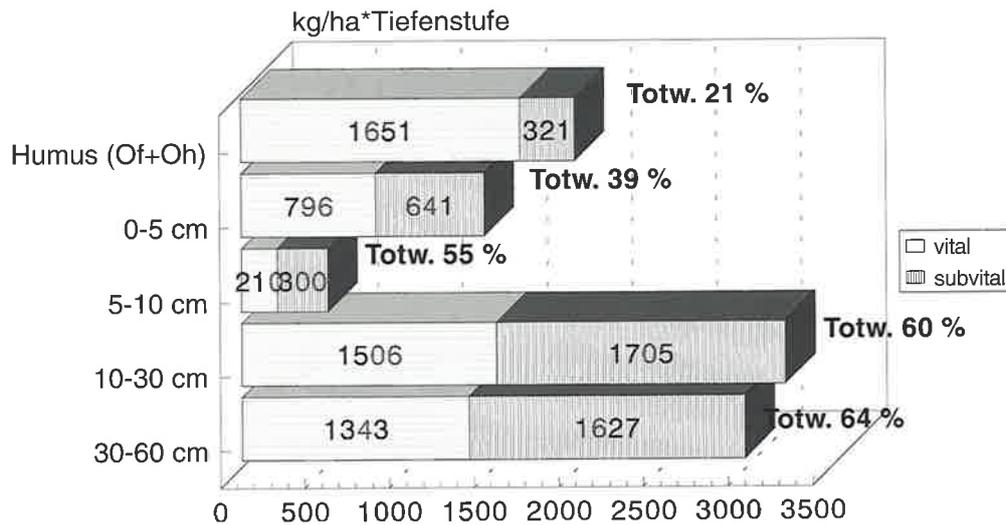


Abb. 9: Mengen vitaler und subvitaler Feinwurzeln (\varnothing 2 mm, in kg/(ha*Tiefenstufe)) und Anteile subvitaler Feinwurzeln („Totwurzelaufteile“) an der Gesamtmenge in Morgenröthe, Abt. 251 a⁴

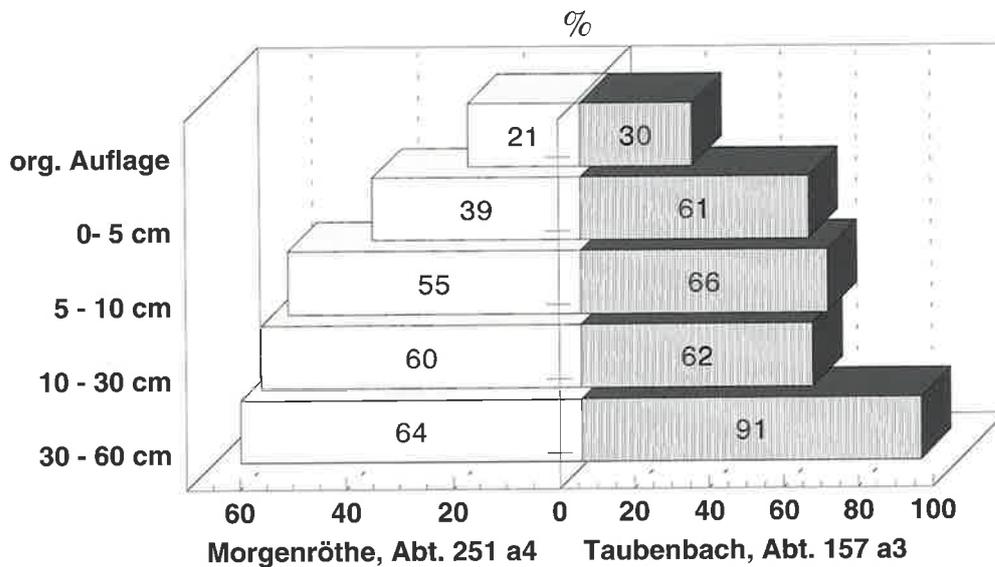


Abb. 10: Anteile subvitaler Feinwurzeln („Totwurzelaufteile“) an der gesamten Feinwurzelmenge in Taubenbach (Abt. 157 a³) und Morgenröthe (Abt. 251 a⁴)

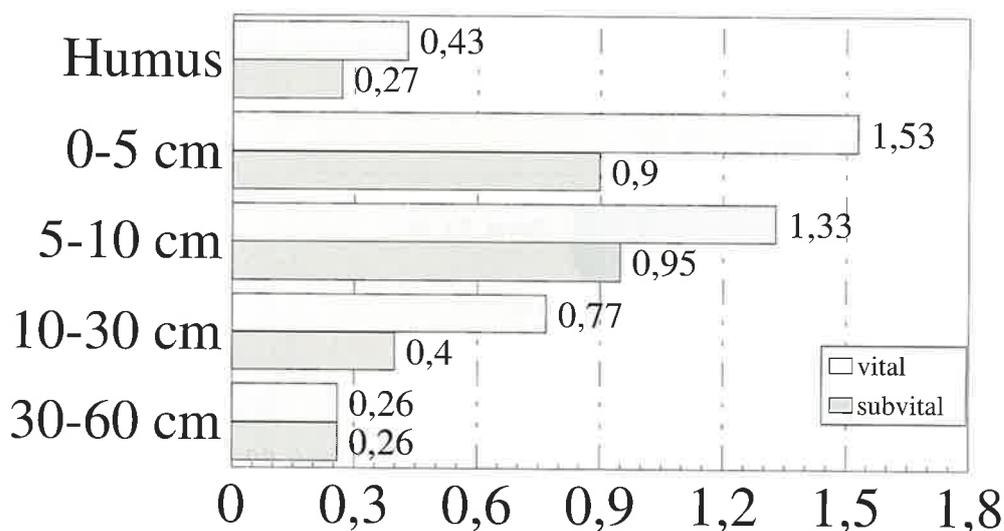


Abb. 11: Ca/Al-Verhältnisse (molar) in Feinwurzeln. Mischprobe aus 15 Einzelproben. Taubenbach, Abt. 157 a

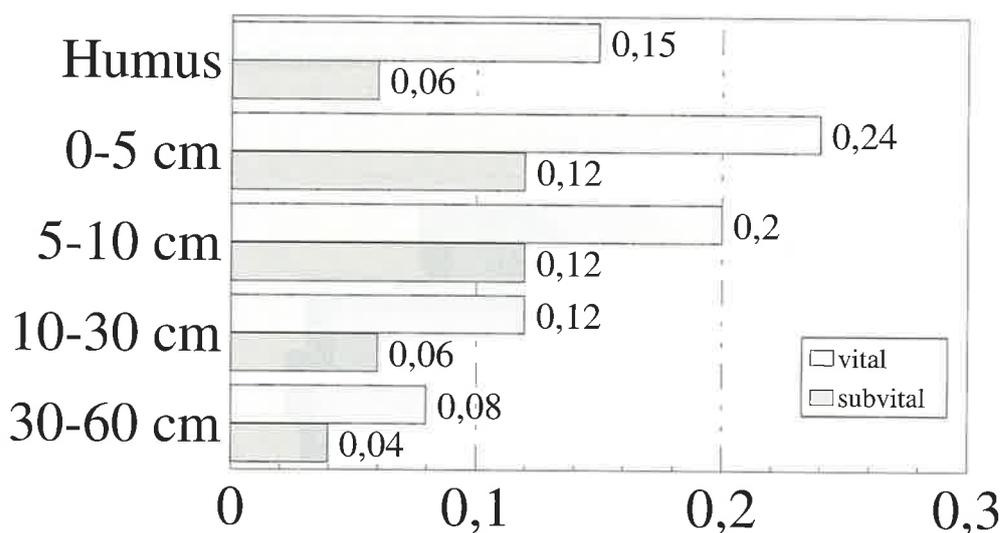


Abb. 12: Mg/Al-Verhältnisse (molar) in Feinwurzeln. Mischprobe aus 15 Einzelproben. Taubenbach, Abt. 157 a

Die Wurzeltracht der Fichten-Althölzer zieht sich offensichtlich aus dem Unterboden zurück. Diese Annahme wird durch Starkwurzelfunde in größerer Tiefe unterstützt. Neben der Al-Intoleranz der Fichtenwurzel dürften auch die vergleichsweise hohen Basenvorräte in der organischen Auflage ein Anreiz für die Wurzelverteilung im Humus und den oberen Bodenhorizonten sein. Der ständige Zwang zur Neubildung von Feinwurzelmasse führt mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgrund des Assimilatverbrauchs zu Zuwachsverlusten der oberirdischen Vegetationsorgane. Die Strategie des Baumes führt zu einer erheblich gesteigerten Empfindlichkeit gegenüber Befahrung, Austrocknung und mechanischer Belastung durch Wind.

Bodenvegetation

Die in der Nähe der 38 Bodenprofile erfaßte Bodenvegetation wurde hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung, Menge (Trockenmasse) und Inhaltsstoffe sowie der ökologischen Zuordnung (s. nächsten Abschnitt) untersucht. Die Trockenmasse der Bodenvegetation ist bei den Anbauten erwartungsgemäß am größten, da hier einerseits der höchste Lichtgenuß herrscht und andererseits durch die vorhergehenden Bodenbearbeitungen und Kalkungen und die darauf folgende Mineralisierung reichlich Nährstoffe zur Verfügung stehen. Ein hoher Lichtgenuß wird häufig durch einen hohen Anteil üppiger Grasvegetation begleitet. Daher zeigen die Fichtenwälder, die zumeist bereits stärker verlichtet sind, auch deutlich höhere Mengen an Bodenvegetation als die dunkleren Buchenwälder.

Tab. 6: Trockenmasse der Bodenvegetation (kg/ha; Beprobung Sommer 1993)

	Anzahl	Minimum	Mittel	Median	Maximum
Anbauten	3	925	1383	1376	1847
Buchenwälder	15	56	250	168	670
Fichtenwälder	20	49	894	779	2208

Tab. 7: Mittlere Gehalte und C/N-Verhältnis der Bodenvegetation von 3 Anbauten (AN), 15 Buchen(BU)- und 20 Fichtenstandorten (FI)

	N	S	P	K	Ca	Mg	C/N
	%						
AN	1,73	0,17	0,15	1,32	0,28	0,17	27
BU	2,53	0,24	0,22	2,39	0,52	0,22	19
FI	2,05	0,21	0,17	1,61	0,34	0,17	23

Die Bodenvegetation der Buchenstandorte zeigt bei allen Elementen die höchsten Gehalte, die Anwüchse die geringsten. Auch das C/N-Verhältnis ist unter Buche am engsten. Dies deutet auf günstigere Nährstoffumsetzungen hin. Außerdem werden die mittleren Nährstoffgehalte durch die Artenzusammensetzung der Kraut- und Grasschicht bestimmt. Die chemischen Analysen wurden allerdings nicht artspezifisch durchgeführt.

Deutliche und einheitliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Nährstoffe in der Bodenvegetation bei der Untergliederung der Bodenvegetation von Fichtenbeständen nach Nährkraftstufen wurden nicht gefunden. Die Medianwerte betragen bei 10 M-Standorten für Ca 2,5 g/kg und für Mg 1,9 g/kg. Sieben untersuchte Z-Standorte wiesen für diese Parameter 3,3 bzw. 1,6 g/kg auf.

Die absoluten Vorräte, die in der Bodenvegetation gespeichert werden, hängen einerseits von den Elementgehalten und andererseits von der Menge der Trockenmasse ab. Bei den untersuchten

Buchen-Altbeständen war die absolute Menge der Vorräte relativ gering, da aufgrund des geringen Lichtgenusses überwiegend nur wenig Bodenvegetation vorhanden war. Die weiter aufgelichteten Fichtenbestände wiesen mehr Bodenvegetation auf und daher größere Quantitäten gespeicherter Nährstoffe. In der folgenden Tabelle 8 sind wesentliche Werte dargestellt. Die insgesamt höchsten Vorräte in der Bodenvegetation weist erwartungsgemäß die Kategorie Anbau auf, da hier der größte Lichtgenuß und die höchsten Biomassemengen der Bodenvegetation zu finden sind. Verglichen mit den Vorräten, die in der organischen Auflage und im Humus gespeichert sind, stellen die Nährstoffmengen in der Bodenvegetation geringe Anteile am gesamten Nährstoffpool dar. So betragen in Fichtenbeständen die Maximalwerte je Hektar 13 kg Ca, 6 kg Mg und 39 kg K. Die Mittelwerte und Mediane liegen deutlich darunter. Eine Nährstoffkonkurrenz gegenüber den Altbäumen ist daher nicht gegeben.

Tab. 8: In der Bodenvegetation gespeicherte Nährstoffe (kg/ha) von 3 Anwüchsen, 15 Buchen(misch)- und 20 Fichtenbeständen

	Bestand	Minimum	Mittelwert	Median	Maximum
Ca	Anbau	1,9	4,1	4,4	6,0
	Buche	0,1	1,1	1,0	3,3
	Fichte	0,1	3,2	2,3	13,4
Mg	Anbau	1,3	2,4	2,2	3,8
	Buche	0,0	0,5	0,4	1,6
	Fichte	0,1	1,6	1,3	6,2
K	Anbau	13,9	17,5	18,5	20,1
	Buche	1,1	5,5	5,1	12,6
	Fichte	0,4	14,4	12,2	32,3
P	Anbau	1,4	2,0	2,3	2,4
	Buche	0,1	0,5	0,3	1,5
	Fichte	0,1	1,5	1,0	4,6
N	Anbau	18,6	23,0	24,8	25,7
	Buche	1,1	6,0	4,7	15,6
	Fichte	1,1	17,4	15,8	39,1

Beurteilung der Waldbautechnologien

Anforderungen an die Technologie für den Waldumbau durch Voranbau

Die anzuwendende Technologie hat sich den vorher beschriebenen Ausgangsbedingungen und gestellten Zielen zu unterwerfen (und nicht umgekehrt). Die Grundvoraussetzungen sind

- Bewahrung oder Steigerung der Standortfruchtbarkeit
- bodenschonende Bearbeitung
- Minimierung von Nährstoffverlusten und Mineralisierungsschüben
- größtmögliche Schonung der flachstreichenden Wurzeln und der Humusauflage
- Tiefenwirkung
- Auflockerung des Wurzelraumes
- Einarbeitung von humosem Material und ggf. von Kalk und Dünger (i.d.R. nur einmal im Bestandesleben möglich)
- Wirtschaftlichkeit.

Aufgrund der Schwere der Arbeit, des oft vorhandenen mächtigen Grasbewuchses (*Calamagrostis*-Decken), der mangelnden Homogenisierung von Mineralboden, Kalk und Humus, der geringen Tiefenwirkung und der unzureichenden Tagesleistung wird für den Umbau bzw. Voranbau im Bestand eine manuelle Vorbereitung des Pflanzplatzes häufig ausscheiden. Als Alternative bietet sich eine streifen- oder plätzeweise Bodenbearbeitung an. Dabei hat die streifenweise Bearbeitung den Nachteil, in der Regel starke Wurzelschäden am noch stehenden Bestand zu verursachen, insbesondere bei den flachwurzelnden Fichtenbeständen. Dieses Problem stellt sich sowohl bei der Bearbeitung mit dem Pflug als auch der Fräse (z.B. *Pein Plant*). Hinzu kommen technische Schwierigkeiten mit der Grasnarbe und beim Pflug die fehlende Einarbeitung und Homogenisierung von Mineralboden, Kalk und Dünger. Einer plätzeweisen Bearbeitung bei gleichzeitiger Kalkzugabe wird daher der Vorzug gegeben, sofern nicht ein sehr aufgelichteter Bestand vorliegt und die streifenweise Bearbeitung mit gleichzeitiger Kalkzugabe erfolgen kann.

Belastungen durch Befahrung

Lößlehmbeeinflusste Standorte, wie beispielsweise der Jungbestand der Versuchsfläche in Taubenbach, sind gegen Befahrung labil. Ihre Tragfähigkeit für Auflasten ist aufgrund ihrer Korngrößenzusammensetzung gering. Durch eine praxisübliche forstliche Nutzung kann es daher zu Verdichtungserscheinungen kommen, die selbst bei biologisch aktiven, also mit Bodenwühlern ausgestatteten Lößlehmen, zu jahrzehntelanger Verdichtung beispielsweise in Fahrspuren führen. Die Verdichtung kann bei stärkerer Ausprägung die Keimung von Buchensamen be- oder sogar verhindern. HILDEBRAND (1983) beschreibt anhand von umfangreichen Keimungs- und Pflanzversuchen mit Buche eine Lagerungsdichte von $1,25 \text{ g/cm}^3$, die bei Lößlehmen nach Befahrung anscheinend einen bodenphysikalischen Grenzzustand darstellt. Oberhalb dieses

Wertes verliert der Boden praktisch vollständig seine Funktion als Keimbett und als Durchwurzelungsmedium für die Feinwurzeln. Bei befahrenen und damit strukturgeschädigten Böden kommt es bei Feldkapazität (pF 1,8) zu einer ausgeprägten Luftporenarmut ($< 10 \text{ cm}^3/100 \text{ g Boden}$) und zu einer verringerten Wasserleitfähigkeit ($\leq 10^{-3} \text{ cm/sec}$). Da die staublehm- bzw. lößbeeinflussten Böden im Erzgebirgsraum verbreitet vorkommen, ist der vorgenannte Aspekt des Bodenschutzes bei der Maschinenauswahl (Trägerfahrzeug) unbedingt zu beachten (vgl. HILDEBRAND und SCHACK-KIRCHNER, 1995).

Im Rahmen des ökologischen Waldbaus ist aufgrund der vom Waldgesetz geforderten Nachhaltigkeit der Funktionen zwingend auch die Nachhaltigkeit bzw. Wiederherstellung der Bodenfunktionen *Standortsqualität* und *Bodenfruchtbarkeit* zu sichern.

Einarbeitung und Homogenisierung von Mineralboden, Humus und Kalk

Von der seit einigen Jahren weiträumig durchgeführten Oberflächenkalkung (Bodenschutzkalkung) profitiert der Unterboden nur indirekt durch Ca- und Mg-Verfrachtung. Eine Unterbodensanierung kann so nicht erreicht werden, da kein pufferndes Bicarbonat verfrachtet wird und die Pufferwirkung bereits an der Oberfläche erfolgt.

Aufgrund der seit Jahrhunderten bestehenden Belastung der Erzgebirgsböden und der tiefreichenden Versauerung ist daher jede Möglichkeit zu nutzen, Basizität in Form von Kalk in den Boden zu bringen. Dies ist besonders in der Startphase eines neubegründeten Ökosystems sinnvoll, um günstige Ausgangsbedingungen zu schaffen. Eine gründliche Durchmischung und tiefe Einarbeitung des Kalkes mit dem Mineralboden und dem Humus soll sowohl diese positiven Initialbedingungen als auch langfristige Auswirkungen bringen. Die Reaktivierung der Nährstoffkreisläufe steht dabei im Vordergrund. Aus diesem Grunde wurde die Bodenbearbeitung auf den Voranbau-Versuchsflächen des Projekts mit einem am leichten Grundgerät (Kleinbagger, 3 t) anmontierten Pflanzplatzbohrer durchgeführt. Die Abb. 13 zeigt schematisch die Wirkungsweise des durch das Projekt eingesetzten Gerätes. Dargestellt ist eine typische Situation mit versauerten Bodenhorizonten und einem Graswurzelfilz über einer mächtigen Rohhumusaufgabe.

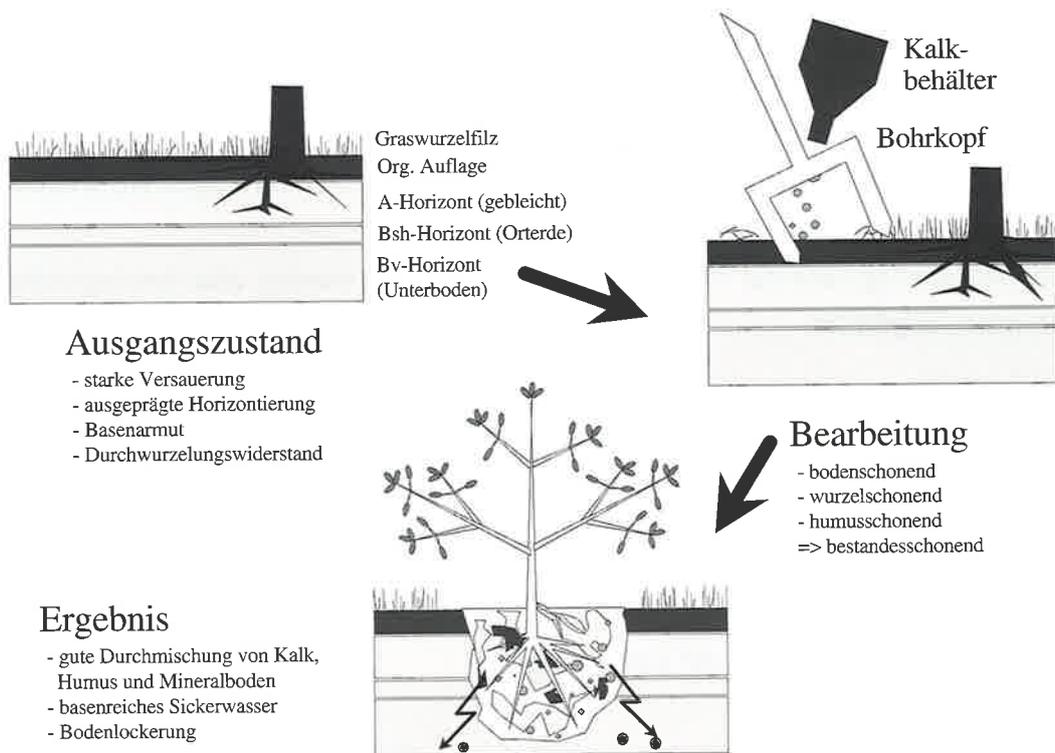


Abb. 13: Schema der Bearbeitung mit dem eingesetzten Pflanzplatzbohrer

Bisherige Erfahrungen mit der maschinellen Pflanzplatzvorbereitung

Die maschinelle Pflanzplatzbereitung mit Kalkzugabe in Gebirgslagen wurde in größerem Umfang (mehrere tausend Hektar mit mehreren Millionen Pflanzplätzen) seit etwa 1988 im niedersächsischen Westharz mit einem ursprünglich im Forstamt Harzburg entwickelten Bohrer am Raupenbagger, Schreitbagger oder Forwarder durchgeführt. Dies geschah vor allem im Rahmen des Walderneuerungsprogramms Harz (OTTO, 1991). Im Erzgebirge ist ein auf einem LKT-Rückefahrzeug montierter Bohrer im Einsatz. Da sich die Versuche des Umbauprojektes noch in der Initialphase befinden, war eine Bewertung der mit der relativ jungen Technologie der Pflanzplatzbereitung durch die niedersächsischen Kollegen von Interesse. Eine Befragung der Bezirksregierung Braunschweig sowie der Staatlichen Forstämter Braunlage, Clausthal-Schulenberg, Dassel, Harzburg, Lauterberg und Seesen ergab folgende Erfahrungen der vergangenen sieben Jahre:

- Als Grundgeräte dienten Raupenbagger, Minibagger, Schreitbagger und Forwarder (etwa in der Reihenfolge ihrer Leistungsfähigkeit).
- Der Boden wurde anfangs 35, später 50 cm tief bearbeitet; Lochdurchmesser 50 cm.
- Die Hangneigung betrug bis ca. 50 %.
- An Kalk wurden zunächst 300 g, später 500 g je Bohrloch eingearbeitet.

- Es wurden für den Voranbau Pflanzverbände von 2x1,5m oder 1,5x1,5 m angelegt, z.T. auch unregelmäßige Abstände. Es sollten nicht mehr als 4000 Buchen in den Altbestand eingebracht werden (Kosten, Abstand zu Altfichten [auf Schirmschlagflächen]).
- Die Anwuchserfolge werden übereinstimmend als deutlich besser gegenüber der manuellen Pflanzung, auch bei Obenaufkalkung, beschrieben.
- Eine entsprechende Einweisung und Kontrolle der Maschinenführer vorausgesetzt, werden mögliche Boden- und Wurzelschäden als gering betrachtet.
- Theoretisch kann am Tag nach der Pflanzlochbohrung gepflanzt werden, eine Setzungsruhe wird jedoch meist empfohlen.

Auch Untersuchungen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt führten zu dem Ergebnis, daß Pflanzen in Bohrlöchern geringere Ausfälle (10 %) gegenüber der Obenaufkalkung (6,25 t/ha, 30 % Ausfälle) und der Kontrolle (40 %) aufwiesen (BÜTTNER, mündl. Mitteilung, 1995).

Die Untersuchungen des Projekts der LAF Graupa ergaben

- Auflösung der Kalkgaben (Dolomit-Granulat mit Phosphor: 500g/ Pflanzplatz) innerhalb der Umbauversuche nach 3 Vegetationsperioden zu 40-60 %.
- Durch die plätzwweise Bearbeitung mit relativ leichtem Grundgerät (ca. 2,5 t mit einem Bodendruck von ca. 300 g/cm²) ist eine bestandesschonende Arbeit möglich (geringere Verdichtung als bei schwerem Basisgerät, weniger Wurzelschäden als bei streifenweiser oder flächiger Bearbeitung).
- Die Technologie ist ganzjährig (außer während Schneelagen) einsetzbar, eine Setzungsruhe ist je nach Standort günstig.
- In den Pflanzlöchern zeigt sich meist eine anspruchsvolle Krautflora anstelle von Gräsern.
- Über die Ausfallraten kann noch kein abschließendes Urteil gegeben werden, dazu war die Untersuchungsdauer zu knapp. Die positiven Ergebnisse aus dem Harz scheinen sich aber zu bestätigen, da die Pflanzen in der dritten Vegetationsperiode einen gesunden Eindruck machen. Ausgewählte Pflanzen, sorgfältige Pflanzung und ausreichende Pflege sind aber Grundbedingungen für den Erfolg, sonst nutzt der beste Pflanzplatz nichts.
- Es wird eine tiefere Bearbeitung (bis 50 cm) und eine bessere Durchmischung als bei der manuellen Bearbeitung erreicht.
- Die Kalkeinarbeitung führte zu einer deutlichen Absenkung des Versauerungsgrades der Bodenlösung und der Al-Konzentration (Abb. 14) und zu damit reduziertem Risiko von Wurzelschäden.
- Eine leichte Erhöhung der Nitratanteile an der Anionensumme war festzustellen, die Konzentrationen überstiegen aber nicht die Trinkwassergrenzwerte.

- Die angewendete Technik mit einem Kleinbagger als Basisgerät findet ihre Grenzen in stark kuperiertem Gelände (evtl. anderes Basisgerät einsetzen) und auf wasserbeeinflussten Standorten (Überstauen der Wurzeln während Feuchtperioden möglich).
- Die Saugspannungswerte näherten sich in den Bohrplätzen auf terrestrischen Standorten nach etwa einem halben Jahr denen der Umgebung an. An den untersuchten Standorten kam es weder zu einem Wasserstau noch zu Austrocknung.
- Sowohl in Taubenbach als auch in Morgenröthe zeigen sich in den Blättern von Jungbuchen in der dritten Vegetationsperiode nach der Pflanzung nahezu identische Elementgehalte und Unterschiede zwischen gekalkten und ungekalkten Pflanzplätzen (Abb. 15).
- Die Blattgehalte der gekalkten Pflanzplätze zeigen bei Calcium einen bis zu 70 % höheren Wert und bei Magnesium bis zu 100 % als die ungekalkten.
- Die Kaliumversorgung sinkt bei beiden gekalkten Varianten leicht ab (um 0,1 %). Als Ursache wird der Ca/K-Antagonismus angesehen.
- Die Phosphor-, Stickstoff- und Schwefelversorgung wird durch die Kalkung nicht merklich beeinflusst.
- Durch die bessere Ca-Versorgung verdoppeln sich in etwa die Ca/Al-Verhältnisse im Blatt.

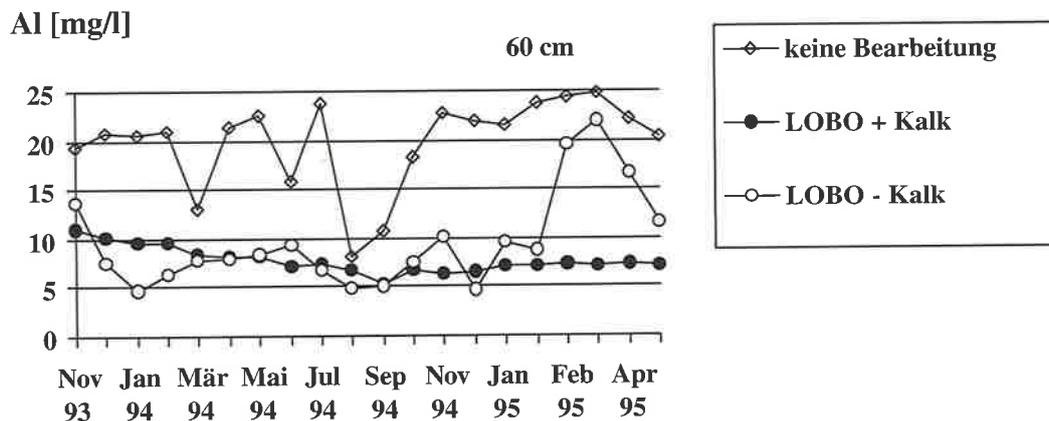


Abb. 14: Aluminium-Konzentrationen (mg/l) im Altbestand (Abt. 157 a³) Taubenbach in 60 Tiefe

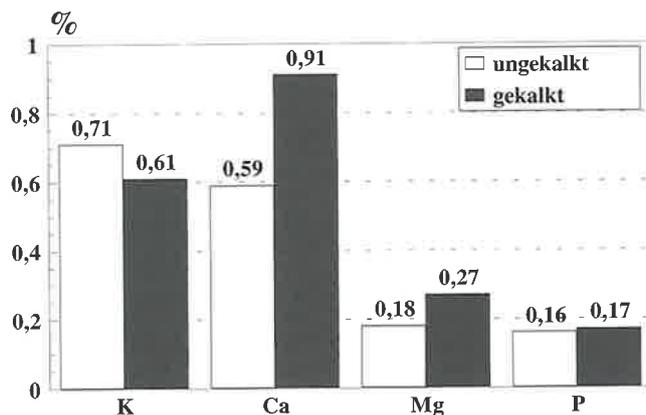


Abb. 15: Elementgehalte in Jungbuchen in der dritten Vegetationsperiode nach der Pflanzung (Morgenröthe, Abt. 251 a⁴)

Fazit

Aus boden- und ernährungskundlicher Sicht ist beim Waldumbau das vordringliche Ziel die Wiederherstellung geschlossener Nährstoffkreisläufe. Ohne diese geschlossenen Kreisläufe ist das Hauptziel der nachhaltigen Sicherung der Waldfunktionen nicht zu erreichen, denn diese benötigt Ökosysteme in Gleichgewichtsnähe. Dazu gehört auch die Wiedererschließung des Unterbodens als Wurzelraum durch Anreiz zur Tiefendurchwurzelung. Diese Sanierung muß dabei aus Sicht des vorbeugenden Bodenschutzes und auch des ökologischen Waldbaus in einer Weise geschehen, die optimal bestandesschonend ist. Damit wird gleichzeitig der Tatsache Rechnung getragen, daß der stehende Altbestand noch zahlreiche Jahre Zuwachs bringen soll. **Mit der Technologie der Kalkeinarbeitung über die plätzeweise Bearbeitung bei höherer Bestandesdichte bzw. durch die streifenweise Bodenbearbeitung bei stark aufgelichteten oder nicht zum längerfristigen Erhalt vorgesehenen Altbeständen steht dem ökologischen Waldbau das notwendige Handwerkszeug zur Verfügung.** Die an der LAF weiterentwickelte Technologie zur maschinellen Pflanzplatzbereitung mit den Modulen Kleinbagger als Basisgerät, Kalkdosiereinrichtung mit Steuereinrichtung sowie Bohrkopf hat sich auf geeigneten terrestrischen Böden im Praxistest bewährt. Für andere Gelände- und Bodenverhältnisse (Steilhang, stark kleinkuppiges Gelände) kann ein anderes Trägerfahrzeug (z.B. Schreitbagger) verwendet werden, sofern die Kalkeinbringung möglich ist.

Die für die Kompensation der jährlich neu deponierten Säure empfohlenen Schutzkalkungen dienen in erster Linie der oberflächigen Säureneutralisation (s. Kalkungsmerkblatt der LAF Graupa). Sie sollten parallel zur Unterbodensanierung fortgeführt werden.

Literatur

- BUBERL, H.G. ; WILPERT, K.V. ; HILDEBRAND, E.E. (1994): *Beziehungen zwischen Waldhumusformen und ihren chemischen Kennwerten auf der Basis der Bodenzustandserhebung (BZE) in Baden-Württemberg*. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 74, 57-60.
- BÜTTNER, G. (1995): *mdl. Mitteilung*
- HILDEBRAND, E.E. (1983): *Der Einfluß der Bodenverdichtung auf die Bodenfunktionen im forstlichen Standort*. Forstw. Centralbl. 102, 111 - 125.
- HILDEBRAND, E.E ; SCHACK-KIRCHNER, H. (1995): *Genereller Persilschein für Fahrzeuge mit Kontaktflächendruck < 50 kPa?* AFZ/ Der Wald 25, 1402.
- LAF (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEN, 1995): *Bodenschutzkalkung - Entscheidungshilfen*. Merkblatt 3 der LAF Graupa. 6+21 S.
- LAF (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEN, 1995): *Umbau von immissionsgeschädigten Waldflächen der sächsischen Mittelgebirge zu naturnahen Bestockungen unter besonderer Berücksichtigung der Buche*. Abschlußbericht. 167 S.
- OTTO, H.J. (1991): *Walderneuerung im Westharz - Waldbau in immissionsgeschädigten Wäldern des Westharzes*. Der Wald 41, 7, 244 - 246.
- REIFF, B. ; EBERL, C. (1994): *Merkmale von Humusformen in bewirtschafteten Buchen-, Fichten- und Mischbeständen beider Baumarten in der montanen Stufe des Harzes*. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 74, 61 - 64.
- ULRICH, B. (1981a): *Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand*. FC 144, 289 - 305.
- ULRICH, B. ; MEIWES, K.J.; KÖNIG, N. ; KHANNA, P.K. (1984): *Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in Waldböden*. FoHo 39, 11, 278 - 286.

Konzeption und erste Ergebnisse von Waldumbauversuchen in Fichten- und Kiefernreinbeständen

Dr. Sven Irrgang,
Sächsische Landesanstalt für Forsten

1. Einleitung

Trotz großer Bemühungen wird der Waldumbau in Sachsen wegen des hohen Flächenanteils nichtstandortgerechter Nadelbaumreinbestände eine nur sehr langfristig zu bewältigende Aufgabe sein. Um die gewünschten Effekte einer ökologischen Stabilisierung und Verbesserung der multifunktionalen Leistungen der Wälder möglichst gut und effektiv zu erreichen, bedarf es eines wissenschaftlich fundierten Forschungsvorlaufes zur standortsspezifischen Optimierung der Verjüngungstechnologie, sowie der Baumarten- und Mischungswahl.

2. Konzeption der Forschung in Waldumbauversuchen der LAF Graupa

Da das Ziel des langfristigen Waldumbaus die Herstellung der ökologischen Nachhaltigkeit sein muß, und dies nur über eine Verbesserung der ökologischen Stabilität der Waldökosysteme erreicht werden kann, können nur Methoden zur Beurteilung der Struktur und Dynamik von Waldökosystemen zielorientierte Ergebnisse liefern.

Bspw. ist eine Untersuchung von:

- *Wachstumsabläufen (Produktivität / Konkurrenz)
von Einzelbäumen / Baumkollektiven*
- *Assimilat- und Wasserbilanzen / Strahlungsdynamiken*
- *Rückwirkungen auf den Standort*
- *Nährstoffbilanzen*

In Abhängigkeit von den Umweltbedingungen zur Aufklärung von Struktur / Funktion und ökologischer Stabilität

im Hinblick auf das Verständnis komplexer Wirkungsgefüge und ihrer waldbaulichen Konsequenzen notwendig.

Dadurch wird es zunächst möglich, die besonders wichtigen Ursache-Wirkungsbeziehungen - bspw. Wasser-, Licht-, Nährstoffversorgung, Konkurrenzwirkungen usw. - aufzuklären, zu quantifizieren und Lösungsansätze zur Berücksichtigung dieser Systemfunktionen bei waldbaulichen Maßnahmen bereitzustellen. Aus dem Komplex der wichtigsten Umweltbeeinflussungen und

Baumarteneigenschaften kann dann auch die Ableitung von baumarten- und standortsspezifischen Prognosemöglichkeiten erfolgen.

Schließlich muß über die Entwicklung von Analogieschlußverfahren sichergestellt werden, daß aus speziellen Versuchsergebnissen möglichst praxisrelevante Aussagen über die Ökosystementwicklung abgeleitet und in Waldbauverfahren umgesetzt werden können.

Im Ergebnis dieser Bemühungen soll die Abteilung Waldbau in die Lage versetzt werden:

- Praxisrelevante waldbaulich / technologische Empfehlungen bzw. Verfahren zu entwickeln, die den allgemeinen / regionalisierten Zielen des Waldbaus am besten dienen könnten.
- Prognosefähig zu sein in bezug auf die zu erwartende Entwicklung der Waldökosysteme und zwar:
 - sowohl durch Extrapolation aus der bis dahin beobachteten Entwicklung
 - als auch über die Anwendung von Modellszenarien.
- Gebietsspezifische Waldbaustrategien und Waldbauverfahren aus den Erkenntnissen der Ökosystemanalysen und dessen prognostizierten Entwicklungsdynamiken zu entwickeln.

3. Aufbau eines Versuchsflächennetzes zum Waldumbau

Diese Versuche bestehen hauptsächlich aus :

- Waldverjüngungen - als direkter Weg des Waldumbaus über Baumartenwechsel, Mischungsherstellung und Strukturveränderung
- Waldpflegen - als indirekter Weg des Waldumbaus zur ökologischen Stabilisierung bestehender Bestockungen über die Förderung der individuellen Vitalität, der Förderung bzw. Einbringung von Mischbaumarten und der Vorbereitung eines Strukturwandels.

Ziel ist, eine repräsentative Abdeckung der wichtigsten Wuchsgebiete bzw. natürlichen Waldgesellschaften zu erreichen, differenziert nach:

- den aktuellen / repräsentativen Bestandeszuständen,
- den möglichen Ziel - Waldökosystemen
(auch unter der Berücksichtigung einer Änderung von Standortfaktoren),
- Groß - bzw. Mesoklimaten / Höhenlagen und
- Standortgruppen (Grundgesteinen, Substrat- und Bodentypen).

In diesen Versuchsflächen sollen Waldbauverfahren, insbesondere solche, die den Zielen einer ökologisch orientierten Waldbaustrategie dienen, experimentell und beispielhaft für die betreffenden natürlichen Bedingungen angewandt werden.

Insbesondere sollten verschiedene Verjüngungsverfahren, Baumarten und/oder -mischungen sowie Dichte- und Strukturvariationen der Bestände untersucht werden. Diese Versuchsflächen müssen für jedes spezifizierte Gebiet auch die als optimal angesehenen Waldbauverfahren beinhalten und aus verschiedenen Ausgangssituationen heraus begonnen werden.

Zusätzlich könnten Flächen verschiedener Bestockungstypen ihrer Sukzessionsdynamik überlassen bzw. diese Dynamik gesteuert werden - zur Minimierung notwendiger Zusatzenergien. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn über natürliche Prozesse mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit gewünschte Waldstrukturen erreicht werden können.

Dadurch kann die Ökosystementwicklung regional differenziert erforscht, und die für die Umsetzung der Waldbaustrategie als optimal anzusehenden waldbaulichen Zielsetzungen und Verfahren entwickelt werden.

4. Schwerpunkte der Untersuchungen

4.1. Versuchsarten

Folgende Versuchsarten sind z.Z. in Bearbeitung. Über sie wird angestrebt, den dringendsten Bedarf an waldbaulich fundierten Aussagen zu decken.

Umbau Fichtenreinbestände im Mittelgebirgsraum
für alle wichtigen Standortsbereiche (Grundgestein, Klima)
über Voranbau / FI über NV

Umbau Kiefernreinbestände im Tieflandsbereich
auf repräsentativen Sandstandorten und Klimabereichen
über Voranbau / KI über NV

Ökologische Stabilisierung Kiefernreinbestände (Jungbestände)
über Pflege / Unterbau

Umbau Nadelbaumreinbestände auf Pseudogleystandorten
über Voranbau / Anbau

Ökologische Stabilisierung Eichenreinbestände (Jungbestände)
über Pflege / Unterbau

Stabilisierung von Fichten- und Buchenreinbeständen
 über Pflege — Vorbereitung Strukturwandel (NV)
 — max. Wertschöpfung

Umbau von Nadelbaumreinbeständen (Jungwüchse)
 über Pflege (Förderung von Mischbaumarten)

Ökologische Stabilisierung und Umbau von
 Übergangsbaumarten im extremen SO₂-Immissionsschadgebiet
 über Pflege / Voranbau

Vorgesehen sind Untersuchungen zur Beobachtung und Förderung von natürlichen Verjüngungsprozessen, die zum Baumartenwechsel führen (Eichenhäfersaaten, Pionierbaumverjüngungen) und extensive Waldumbaumöglichkeiten darstellen könnten.

4.2. Versuchsvarianten

Mit dem Ausbau des Versuchsflächennetzes wurden standortsspezifisch folgende Versuchsvarianten angelegt und untersucht:

1. Oberbestandsbehandlung: Stärke und räumliche Verteilung der Vorbereitung (Auflichtung) des Oberbestandes
 - unterschiedl. Auflichtungsgrade, Femelungen, anteilige Flächen für NV
 - Wirkungen auf Bestandesstabilität und individuelle Wertschöpfung
2. Bodenbearbeitung: Technologieerprobung zur Realisierung notwendiger Bodenbearbeitung und/oder meliorativer MgCa-Düngung
3. Baumartenwahl: Anbauwürdigkeit verschiedener Baumarten/-mischungen auf den repräsentativen Versuchsstandorten (Einbringen mehrerer standortgerechter Baumartenalternativen über künstliche Verjüngung (Pflanzung/Saat), räumliche / zeitliche Steuerung der Naturverjüngung (NV))
 Testen der Baumarten- und Mischungseignung für bestimmte waldbauliche Technologien.

4. Baumartenmischung: Generell nur flächige Gruppen- bzw. Horstmischungen, da ökologisch und ökonomisch vorteilhaft. (bei künstlicher) Mischungsanordnung so, daß interspezifische Wechselwirkungen zwischen den Baumarten (BA) untersucht werden können. (Einbringung)
5. Naturverjüngung: Möglichkeiten und Wirkungen der räumlich und zeitlich gezielten Einbeziehung von Naturverjüngungen (Vorrangflächen für NV, zeitlich gestaffelte Bodenbearbeitung/Kalkung, Wegnahme des Wilddrucks, usw.)
6. Bodenvegetation: Auswirkung unterschiedlicher Bodenvegetationsdynamiken und Begleitbaumarten- Struktur auf die Stoffdynamiken und den Verjüngungsprozeß der Hauptbaumarten (unterschiedliche Auflichtung, Vegetationsbeeinflussung durch Herbizide, Bodenbearbeitung oder Kalkung)

4.3. Beispiel einer Versuchsanlage zum Umbau von Fichtenreinbeständen

Umbau Fi-Reinbestände
schematischer Versuchsaufbau
 ausbaufähige / modifizierbare Basisvariante

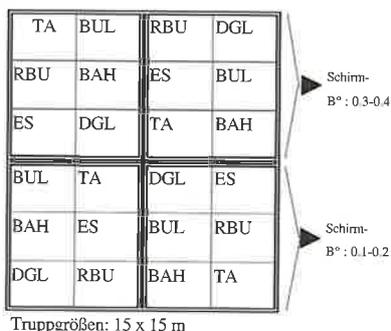
Voranbauten in Fi-Altbeständen (ab Alter 80)
 notwendige Größe des Altbestandes: min. 2.5 ha
 Standorte: Z2 bis M2 (diff. Grundgestein)
 möglichst homogen auf der Fläche
 Höhenlage: 400 - 800 m NN

Übersichtsschema

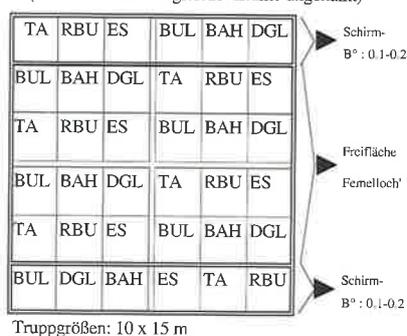
Versuchsfläche besteht aus 3 Teilflächen
 Jede Teilfläche ca. 0,6 ha groß - Anordnung der Wähl.-Einheiten variabel
 Abstand zwischen den 3 Teilflächen: ca. 30-50 m
 (vorgesehen für spätere Fi-NV bzw. Fi-Anbau)

Truppgrößen aus versuchstechnischen Gründen
 nur min. Größe von 225 bzw. 150 m²
 Truppenanordnung zur Untersuchung interspez. Konkurrenz
 und zur diff. Untersuchung von Femellochgrößen

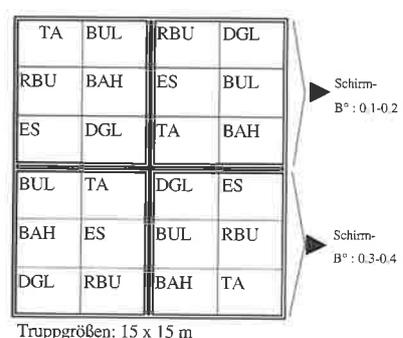
1. Teilfläche: 95 x 65 m : diff. überschirmt



2. Teilfläche: 65 x 65 m : Freifläche ('Femelloch')
 2 x Randfläche überschirmt: 15 x 65 m
 (Randfläche als Vergleichsvariante ungekalkt)



3. Teilfläche: 95 x 65 m : diff. überschirmt



Bodenbearbeitung: Platzweise mit Kalkeinbearbeitung (falls erforderlich)
 (notw. Kalkmenge nach Bodenanalyse)
 Insgesamt sind ca. 10 000 Pflanzplätze anzulegen,
 so daß (bei 0.5 kg MgCa/Pflanzplatz) rund
 5 t MgCa - Dünger notwendig wären.

Pflanzverbände: Laubbaumarten 2 x 0.75 m (6700 St./ha)
 Nadelbaumarten 2 x 1.5 m (3300 St./ha)

Pflanzenbedarf: Für RBU, BUL, BAH, ES je 1880 St.
 verschulte Pflanzen mit einer Mindestsproßlänge von 50 cm
 Für TA und DGL je 940 St.
 verschulte Pflanzen mit einer Mindestsproßlänge von 20 cm

Abb. 1: Schema der Fichtenversuchsanlagen

Eine Versuchsanlage besteht aus 3 Teilflächen. Zwischen diesen Teilen verbleibt eine unbearbeitete, mindestens 30 m breite Zwischenfläche. Auf den 2 überschirmten Teilflächen (2 x ca. 0.6 ha) wird jeweils zur Hälfte auf einen B° von ca. 0.3 und 0.5 aufgelichtet.

Die 3. Teilfläche (ca. 0.36 ha) stellt einen überdimensionierten Femelhieb dar. Auf allen Teilflächen werden die Baumarten RBU, BAH, ES, BUL, TA und DGL in 15x15 m Trupps eingebracht. Die Trupps sind so angeordnet, daß jede Baumart (BA) 4 mal in jeder Überschirmungsvariante vorhanden und mit jeder anderen Baumart mindestens einmal benachbart ist. Im Femelloch wurde die Truppanordnung so gewählt, daß für jede BA die minimal notwendige bzw. maximal mögliche Femellochgröße ableitbar wird. Bis auf eine ungekalkte Vergleichsvariante wird der gesamte Versuchskomplex (entsprechend der Bodenanalyse) mit einer meliorativen Pflanzplatzkalkung (MgCa) versehen.

Die modifizierte Versuchsanlage ermöglicht neben der Abwendung von ganzflächigen Auflichtungen flexible Anpassungen an die örtlichen Verhältnisse, eine bessere technologische Beherrschung der räumlichen Bestandesverhältnisse, die Reduzierung der aktiv bearbeiteten Umwandlungsfläche

- trotz ganzflächiger Wirkung

- und unter Berücksichtigung versuchsspezifischer Erfordernisse,

eine Untersuchung von Femellochgrößen und die Möglichkeit der Beibehaltung eines Fichtenanteils durch Naturverjüngung oder späteren Anbau auf den Zwischenflächen.

Dadurch soll schon von der Anlage der Versuche her eine größtmögliche Praxisrelevanz für die ableitbaren Ergebnisse und auch bei der räumlichen Ordnung dieser Vorhaben erreicht werden.

5. Meßkonzept und Meßmethodik

5.1. Meßkonzept

5.1.1. Zielorientiert

In Zusammenhang mit waldbaulichen Forschungsaufgaben sind Messungen erforderlich zur:

1. räumlichen Struktur von Beständen
(bspw.: $d_{1,3}$, Höhe, Kronendimensionen, Stammverteilungen usw.)
2. Biomasserelationen der Verjüngung (Blatt/Holz/Wurzeln)
3. umweltabhängigen ökophysiologischen Dynamiken
(Produktivität und Effektivität der Stoffproduktion)
4. mikroklimatischen Dynamik als Bezugsbasis und
Hintergrundinformation für andere gemessene Größen

5. Ermittlung von Reservestoffgehalten in Bäumen
(bspw. zur Vitalitätsbeurteilung)
6. Beurteilung der Bodenvegetationsdynamik
(Vegetationsanalyse/Biomasseproben)

5.1.2. Effektivitätsorientiert

Die Erfüllung oben genannter Meßaufgaben muß soweit als möglich mit präzisen, selbstregistrierenden elektronischen Meßgeräten erfolgen. Dadurch wird die Datenaufnahme stark beschleunigt und Fehlerquellen der Übermittlung und Registrierung von Daten werden weitestgehend vermieden.

Die Datenübertragung erfolgt prinzipiell vor Ort auf tragbare Computer (Notebooks), um die Datensicherheit gewährleisten zu können. Schrittweise werden durchgängig gestaltete Datenverarbeitungslösungen installiert, die die Aufbereitung und Auswertung der Daten bis zum gewünschten Endergebnis gestatten (bspw. datenbankorientierte Datenhaltung und Auswertung). Angestrebt wird die Integration in ein ganzheitliches Konzept der Datenhaltung, -verarbeitung und -auswertung in der LAF.

5.2. Meßmethodik auf Versuchsflächen zum Waldumbau:

Folgende Teilbereiche werden (Stand 1995) - nach einem 2-stufigen Intensitätsprinzip (Intensivmessflächen / Vergleichsflächen) auf den hierfür vorgesehenen Flächen untersucht:

Standort:

- Bodenbeprobungen (teilw. variantenspezifisch) nach BZE-Methodik
- Installation von 8 mikroklimatischen Meßsystemen zur differenzierten Erfassung von Strahlungs- und Bodenfeuchtedynamik sowie meteorologischen Daten
(variantenspezifisch)

Vegetation:

- Schätzung der Flächendeckung der Bodenvegetation und stichprobenhafte Biomasseermittlung.
- Ermittlung der Wurzelmassendichte von Gräsern (variantenspezifisch)

Oberbestand:

- Vollklappung und Höhenmessung
- Messung der Überschildung (LAI)
- Ermittlung der Wurzelmassendichte (variantenspezifisch)

Verjüngung:

- Ausfallregistrierung
- Höhenmessung
- Bodenwasserdynamik in Pflanzplätzen (Bohrlöcher / Pflugstreifen usw.)
- Ökophysiologische Transpirations- und Assimilationsmessung (stichprobenhaft)
- Compartimentspezifische Biomasseermittlung (stichprobenhaft)
- Blatt- und Nadelflächenermittlung, (der Biomasseproben)

Ziele:

- Entwicklung von Methoden zur Beurteilung von Waldökosystemdynamiken (Wachstumsabläufe / Wasserbilanzen / Strahlungsdynamiken etc.) im Hinblick auf ihre waldbaulichen Konsequenzen.
- Ableitung von baumarten- und standortsspezifischen Prognosesystemen aus dem Komplex der wichtigsten Umweltbeeinflussungen und Baumarteneigenschaften zur Optimierung von Waldumbauverfahren
- Umsetzung in praxisrelevante waldbauliche und technologische Empfehlungen für einen ökologisch orientierten Waldumbau

6. Schlußfolgerungen aus Fichtenumbauversuchen

Da im Rahmen dieses Kolloquiums Frau Dr. Gerold auf einzelne Ergebnisse aus Fichtenumbauversuchen eingeht, beschränke ich mich hier auf Schlußfolgerungen und Konsequenzen für Waldumbauvorhaben im Mittelgebirgsraum.

6.1. Bisherige Ergebnisse und Schlußfolgerungen aus Waldumbauversuchen im Mittelgebirgsraum

1. Die Wasserversorgung über alle untersuchten Standorte in diesem Raum ist unkritisch. Dies ist sowohl in der günstigen Niederschlagsmenge und Verteilung als auch durch die in der Regel lößhaltigen Bodensubstrate mit hohen Wasserspeicherkapazitäten begründet.
2. Der Lichtgenuß für Voranbauten in Fichtenbeständen erweist sich als begrenzender Umweltfaktor für das Gelingen der Waldumbauvorhaben.
3. Das mit der Höhenlage zunehmende Wärmedefizit der Laubbaumarten (RBU, BAH, ES, BUL) kann zwar mit einem verbesserten Lichtangebot (Auflichtung) in gewissen Grenzen kompensiert werden, begrenzt aber letztlich den möglichen Anbaubereich der betreffenden Laubbaumarten. Hier sind auch klimabedingte Grenzbereiche zu sehen, ab denen ein intensiv betriebener Waldumbau / Baumartenwechsel kaum noch sinnvoll sein kann.

4. Mit zunehmender Höhenlage müssen immer günstigere Licht- und Wärmebedingungen (Auflichtung) geschaffen werden, um das Gelingen von Waldumbauvorhaben zu gewährleisten.
5. Aufgrund der flächendeckend starken Versauerung der Waldböden im Mittelgebirgsraum, ist eine meliorative pflanzplatzweise Bodenbearbeitung mit integrierter Kalkeinbringung i.d.R. notwendig (vgl. Kalkungsmerkblatt der LAF). Dabei erwies sich auf terrestrischen Standorten unter Voranbaubedingungen eine punktuell arbeitende Bohrtechnologie auf kleiner Basismaschine als gut geeignet. Die ebenfalls eingesetzte Technologie einer streifenweise arbeitenden Fräse erbrachte gute bis sehr gute Ergebnisse in der Qualität der Bodenbearbeitung, - für Voranbauverhältnisse sollte jedoch ein Einsatz nur bei einem B° kleiner 0.5 stattfinden, um übermäßige Wurzelschäden am Oberbestand zu vermeiden.
6. Die Quantifizierung der Wirkung standortsabhängiger und bewirtschaftungsbedingter Umwelteinflüsse auf die Entwicklung der Waldumbauvorhaben ist mit einem an der LAF in Entwicklung befindlichen Prognosesystem realisierbar.

6.2 Für praktische Waldumbauverfahren im Mittelgebirgsraum (Fichtenaltbestände) zu berücksichtigende Faktoren

1. räumliche Bestandesentwicklung:

- Vollflächige Verjüngungsmaßnahmen sollten vermieden werden, um:
 - eine räumliche Strukturentwicklung / Strukturwandel zu ermöglichen,
 - die Oberbestandsstabilität zu gewährleisten / die Wertsteigerung zu fördern,
 - bestimmte Teilflächen für eine spätere (FI-) NV vorzuhalten.
- Je ungünstiger der Standort ist, um so größere Teilbereiche sollten der Nadelbaum- (Fichten) Naturverjüngung vorbehalten bleiben. Orientiert an BZT's bzw. natürlichen Waldgesellschaften hieße dies bspw:
 - M/K - Standorte: max. 30% für FI-NV
 - Z-Standorte: bis 50 % für Fi-NV
- Mischung: Die Baumarten sollten mindestens gruppen- bis (besser) horstweise gemischt werden, um:
 - jeweils optimale Wuchsbedingungen für entsprechende BA zu schaffen,
 - negative interspezifische Konkurrenzwirkungen ('Entmischung') zu vermeiden und
 - eine Verringerung bzw. Optimierung des Pflegeaufwandes zu erreichen.
- Flächengröße: Aus ökologischen (Lichtbedingungen, Entwicklung zu Gruppen- bzw. Horststrukturen im Alter) und ökonomischen Überlegungen (effektive Bodenbearbeitung, Verhältnis Zaunaufwand zu geschützter Fläche, Flächenübersicht, Holzanfall usw.) sollten min. 0,1-0,2 ha gleichzeitig und zusammenhängend als Verjüngungsfläche bearbei-

tet werden. Gleichzeitiger Voranbau sollte auf max. 50 % der Gesamtbestandesfläche (dann verteilt auf mehrere Horste) erfolgen, wenn der Bestandeszustand eine zeitliche Staffelung (siehe unten) zulässt. Hierzu sollten detaillierte Dokumentationen flächenbezogen angelegt werden (Übersicht, Planung).

- Die Hiebsform sollte i.d.R. femelartig (als Gruppen- / Horstschirmstellung bzw. ohne Schirm) bzw. femelsaumartig sein. Ein intensiver Aufschluß für spätere Eingriffe mit einem Rückelinienabstand von max. 30 m, mit Freilassen von Kronenfallbereichen und eine dauerhafte Rückelinienkennzeichnung ist erforderlich. Eine Ausnahme stellt die vorgesehene Umwandlung in Eiche dar. Sie erscheint nur sinnvoll über Abtrieb des (Fichten-) Oberbestandes mit mind. 0.3 ha Größe.

2. zeitliche Bestandesentwicklung:

- Wenn möglich sollte mit schattentoleranten BA (TA, RBU) begonnen werden, da dann noch mit relativ geringen (oder keinen) Eingriffen Verjüngungskerne geschaffen werden können, und die Lichtsteuerung so möglich ist, daß konkurrierende Bodenvegetation und NV keine Bedrohung für langsamwüchsige schattentolerante BA darstellen.
- Eine Nachlichtung bzw. Weiterführung der Verjüngung mit lichtbedürftigeren BA sollte erst erfolgen, wenn die schattentoleranten BA ca. 2-3 m Höhe erreicht haben

3. Oberbestandesbehandlung auf der Verjüngungsfläche:

Ausgehend von bisherigen Untersuchungsergebnissen müßten etwa folgende Auflichtungsbereiche für die Verjüngungsfläche (vgl. „Flächengröße“) angestrebt werden, die je nach Verjüngungsbaumart, Standortsbedingungen und Höhe über NN variieren:

- max. B° von 0.7 — für untere Lagen und schattentolerante BA
- max. B° von 0.5 — für mittlere Lagen und schattentolerante BA
bzw. untere Lagen und lichtbedürftige BA
- max. B° von 0.3 — für höhere Lagen und schattentolerante BA
bzw. mittlere Lagen und lichtbedürftige BA
- Femelungen — für höhere Lagen und lichtbedürftige BA
ohne Oberbestand

Je günstiger die Standortsbedingungen, umso dichter kann der Oberbestand gehalten werden. Mit extremer werdenden Standortsbedingungen (Klima, Trophie) verringern sich die Möglichkeiten der vertikalen Differenzierung (Mehrschichtigkeit) generell. Je kleiner die zusammenhängende Verjüngungsfläche, desto stärker sollte der Oberbestand aufgelichtet oder ganz abgeräumt (≤ 0.1 ha) werden. Für genaue standortsspezifische und zustandsbedingte Zuordnungen sowie praktikierbare, die ökologischen Bedingungen widerspiegelnde Ansprachemerkmale (bspw. über den Kronenschlußgrad K°) sind weitere Untersuchungen notwendig.

4. Bodenbearbeitung:

Eine Bodenbearbeitung ist i.d.R. notwendig, da meliorative Kalkeinarbeitung auf dem gesamten Standortsspektrum der Mittelgebirge erforderlich ist (mind. Bearbeitungstiefe: 40-50cm).

Technologien: - auf stärker aufgelichteten Flächen ($B^\circ < 0.5$) ist streifenweises

Fräsen möglich (bspw. Pein Plant)

- sonst pflanzplatzweise Bodenbearbeitung (Pflanzplatzbohrer)

Diese Methoden sollten auf terrestrische Standorte begrenzt bleiben, da sonst die Gefahr von Staunässebildung im Pflanzbett besteht.

5. Baumarten der Verjüngung :

Neben der schattentoleranten TA und RBU sollten auch die lichtbedürftigeren Arten wie BAH, ES und BUL - standortsspezifisch differenziert - stärker beteiligt werden, da sie eine große ökologische Amplitude aufweisen, günstige Standortrückwirkungen haben und für die Struktur und Mischung in den angestrebten Bestandeszieltypen benötigt werden.

Es sollten Pflanzengrößen von ca. 60-80 cm für Laubbaumarten und von 30-50 cm für Nadelbaumarten angestrebt werden, da hiermit nachfolgende Kulturpflagemassnahmen überflüssig werden und auf bearbeiteten Pflanzplätzen mit eingearbeitetem Kalk hervorragende Anwuchsergebnisse auch dieser Pflanzengrößen erreicht werden.

Die Pflanzenqualität, die Herkunft und eine qualitätsgerechte Pflanzung sind entscheidend für die Entwicklung der Verjüngung. Durch eine optimale Vorbereitung der Verjüngungsfläche (Auflichtung des Oberstandes, Bodenbearbeitung, Kalkeinarbeitung) können die notwendigen Pflanzanzahlen jedoch weiter reduziert werden. (Bei Laubbaumarten auf max. ca. 5000 St./ha und bei Nadelbaumarten auf ca. 2500 St./ha).

Die Verjüngung der Oberbestandsbaumart Fichte erfolgt auf den dafür vorgehaltenen Teilflächen normalerweise durch NV oder durch späteren Anbau.

Insbesondere Weichlaubhölzer (bspw. Salweide) können einen beachtlichen Einfluß im Nährstoffkreislauf eines Waldökosystems haben. Sie sollten daher soweit als möglich toleriert werden.

7. Einige Ergebnisse aus Kiefernnumbauversuchen

7.1. Mikroklimatische Dynamik

In den Kieferngebieten des sächsischen Tieflands ist die Wasserversorgung der entscheidende Umweltfaktor für das Wachstum und die Vitalität der Waldbestände. Diese Ressourcenknappheit begrenzt standörtlich die Möglichkeit aktiver Waldumbaumaßnahmen und des Aufbaus mehrschichtiger Waldstrukturen. Die Bodenwasservorräte der Sandböden sind im Juli/August

regelmäßig fast völlig erschöpft. Der Bodenwasserhaushalt in Voranbauten unter Kiefer wird offenbar durch den Transpirationsbedarf des Oberbestandes bestimmt. Je größer die Oberbestandsdichte, um so größer wird - zumindest in Trockenperioden- der Bodenwasserstress.

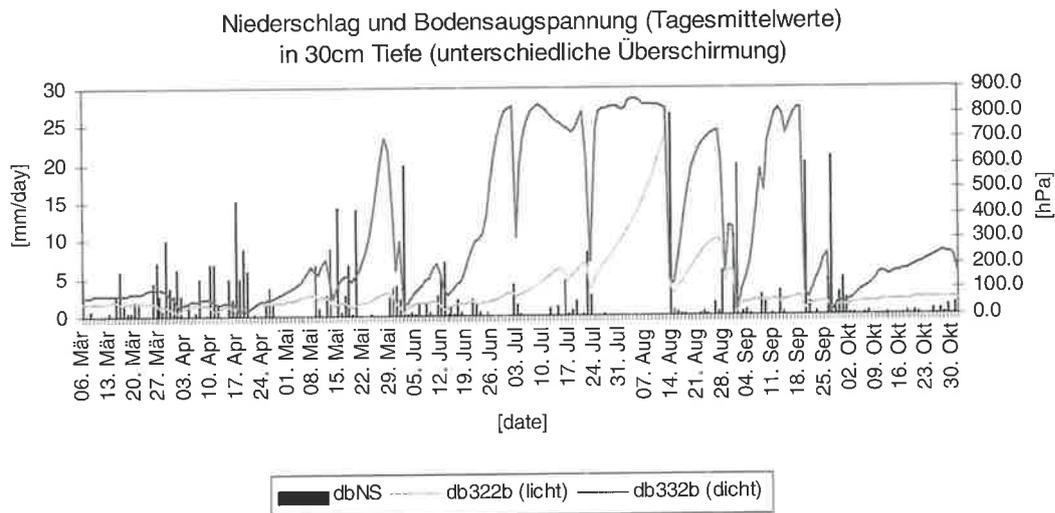


Abb. 2: Dynamik der Bodensaugspannung in der Vegetationszeit 1995 in 2 unterschiedlichen Oberbestandesdichten im Forstamt Doberschütz

Lichtmangelsituationen für die üblichen Voranbaubaumarten unter aufgelichtetem Kiefernaltbestand treten nicht auf. Bei längeren Perioden unter $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ist Lichtmangel wahrscheinlich. Allenfalls für voll bestockte Kiefernaltbestände ist mit Zuwachsverlusten für die Traubeneiche zu rechnen.

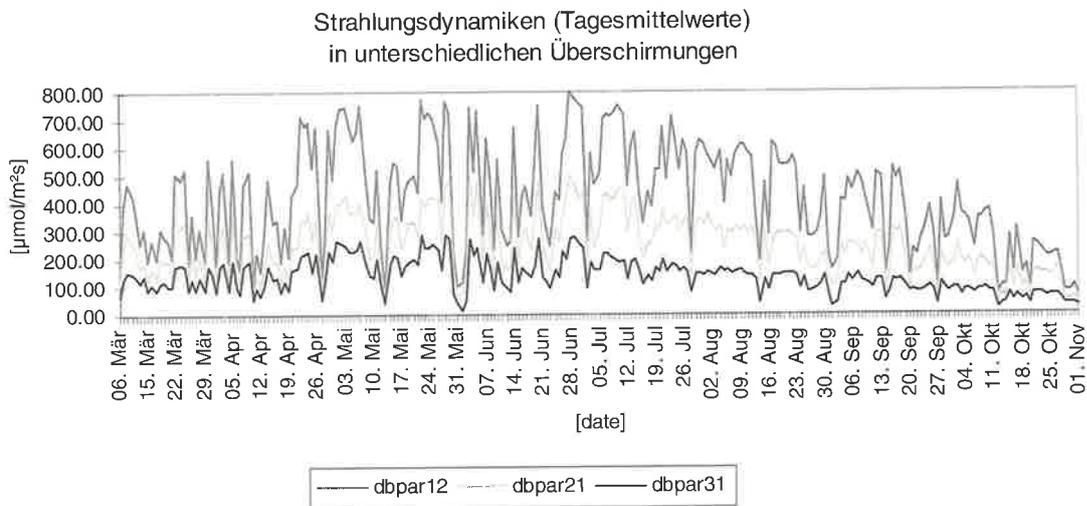


Abb. 3: PAR-Strahlungsverlauf 1995 unter verschieden dichten Kieferschirm im Versuchsfeld Doberschütz

7.2. Entwicklungsprognose für Voranbauten

Das kausal orientierte Prognosesystem basiert auf der Nachbildung wichtiger physiologischer Pflanzenfunktionen, deren Umweltabhängigkeit und einer angenommenen Funktionalität für die Gesamtpflanze. Durch den Einbau artspezifischer Umweltabhängigkeiten, Biomasserelationen und Parameter sowie die Verknüpfung mit den verschiedenen Varianten der gemessenen mikroklimatischen Dynamik können umweltabhängige Entwicklungsprognosen für Umbaubaumarten erstellt werden.

Da bei den Berechnungen keine Effekte wie Selbstbeschattung, intraspezifische Konkurrenz oder Verschiebung der räumlichen Dimensionen bei größeren Bäumen berücksichtigt werden, kann nur ein Bereich von bis zu 5 Jahren und/oder einer Bestandeshöhe von 2-3 m sicher dargestellt werden. Dies ist aber für den angestrebten Zweck zunächst völlig ausreichend. Im Simulationssystem sind verschiedene Dynamiken der Biomasse- und Assimilatentwicklung, der Assimilatbilanzen und Transpirationsmengen bis hin zur Höhenentwicklung abrufbar.

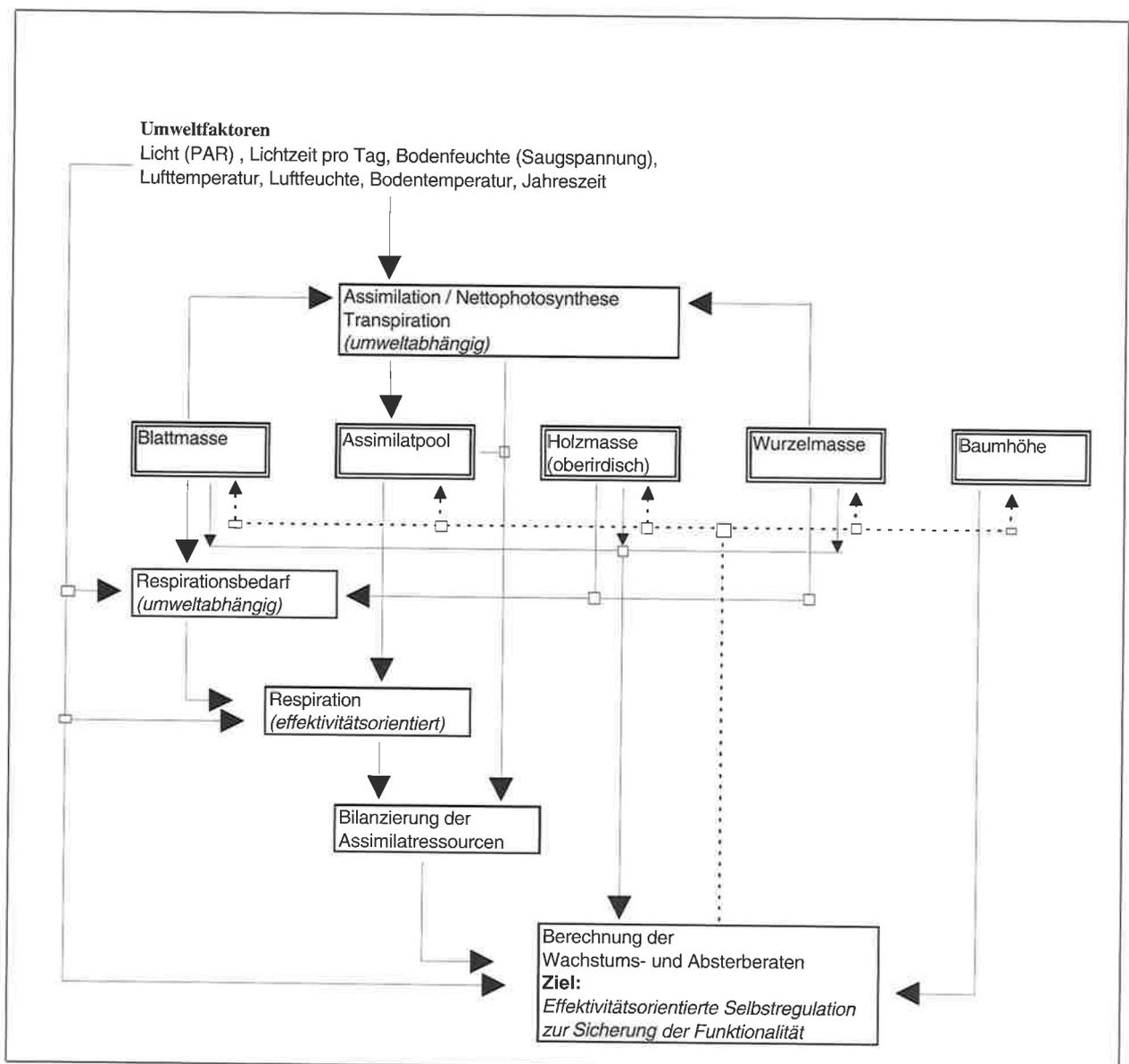
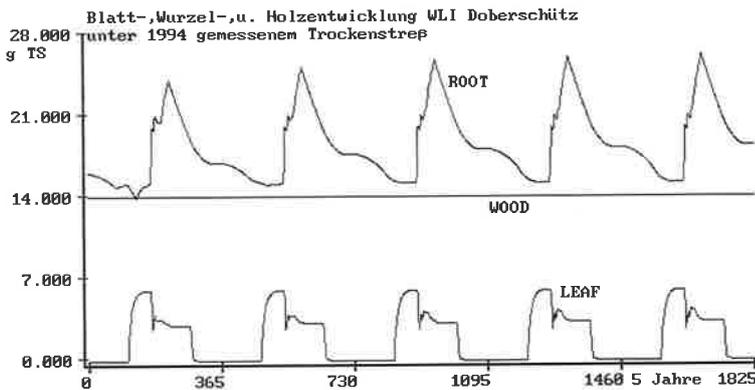


Abb. 4: Funktionsschema für Einzelbaummodell Verjüngung Voranbau

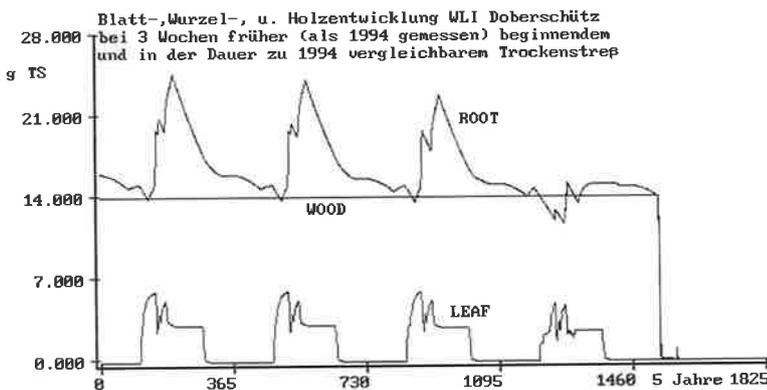
Prognosebeispiel Winterlinde:



Die Biomasseentwicklung unter den 1994 gemessenen Umweltbedingungen (Wasserstreß) zeigt, daß die Winterlinde zwar noch überlebensfähig, aber nicht mehr zur weiteren Biomasseakkumulation in der Lage ist. Erhebliche Reserven müssen in den Ausbau des Wurzelsystems gesteckt werden, trotzdem führt der Trockenstreß zu vorzeitigem, teilweisen Laubverlust.

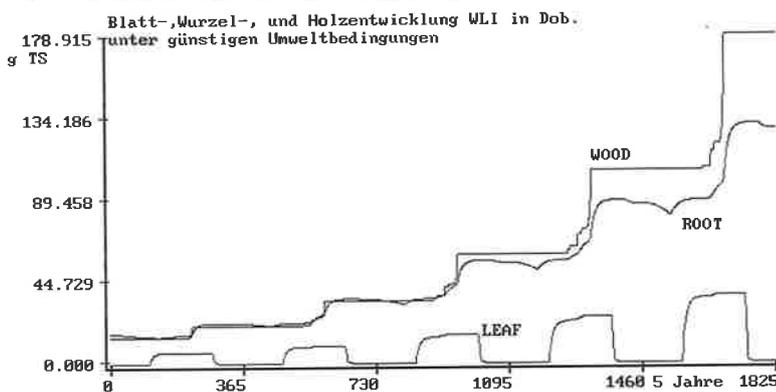
Abb. 5: Blatt-, Wurzel-, und Holzentwicklung

Winterlinde in Doberschütz unter 1994 gemessenen Umweltbedingungen



Die Winterlinde reagiert bei saisonal früher einsetzendem Trockenstreß sehr empfindlich. Bei angenommenem gegenüber 1994 3 Wochen früher einsetzendem Trockenstreß (ohne die Dauer oder Stärke zu verändern) prognostiziert das System einen Zusammenbruch der Winterlinde nach spätestens 4 Vegetationsperioden.

Abb. 6: Blatt-, Wurzel-, und Holzentwicklung Winterlinde in Doberschütz unter saisonal früher einsetzendem Wasserstreß

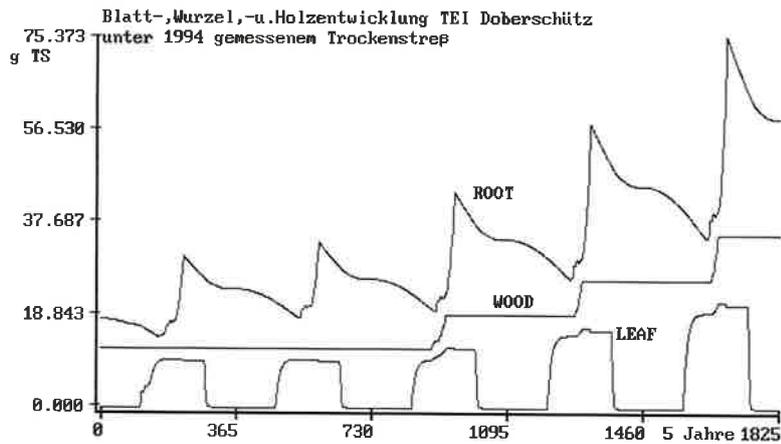


Als Vergleich wird die Biomasseentwicklung der Winterlinde unter günstigen Wasserversorgungsbedingungen dargestellt. Erkennlich wird ein deutlich gesteigertes Wachstumsniveau, eine ausgeglichene Wurzelentwicklung und eine unbehinderte Blattentwicklung.

Abb. 7: Blatt-, Wurzel-, und Holzentwicklung

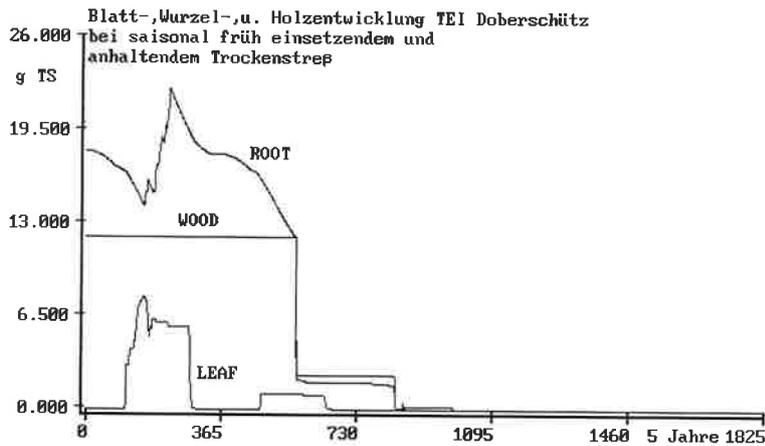
Winterlinde in Doberschütz unter insgesamt günstigen Umweltbedingungen

Prognosebeispiel Traubeneiche:



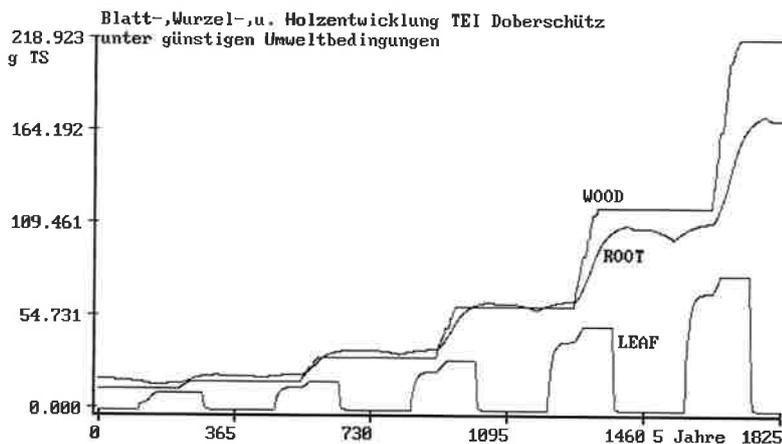
Die Biomasseentwicklung unter den 1994 gemessenen Umweltbedingungen zeigt, daß trotz temporärer Wasserstreßsituationen ein weiteres Wachstum möglich ist, und Wassermangelsituationen durch ein verstärktes Wurzelwachstum ausgeglichen werden können.

Abb. 8: Blatt-, Wurzel-, und Holzentwicklung Traubeneiche in Doberschütz unter 1994 gemessenen Umweltbedingungen



Selbst bei saisonal früher einsetzendem Trockenstreß zeigt sich die Traubeneiche zumindest als überlebensfähig. Erst wenn unterstellt wird, daß eine Trockenperiode saisonal früher als 1994 einsetzt (ab Anfang Juni) und diese Periode länger andauert (bis August) wird ein relativ schneller Zusammenbruch der Pflanzen prognostiziert.

Abb. 9: Blatt-, Wurzel-, und Holzentwicklung Traubeneiche in Doberschütz unter extremem Wasserstreß



Als Vergleich wird die Biomasseentwicklung der Traubeneiche unter günstigen Wasserversorgungsbedingungen dargestellt. Erkennlich wird ein deutlich gesteigertes Wachstumsniveau, eine ausgeglichene Wurzelentwicklung und eine Blattentwicklung, die sogar noch ein, dem Johannestrieb vergleichbaren, Sommerzuwachs ermöglicht.

Abb. 10: Blatt-, Wurzel-, und Holzentwicklung Traubeneiche in Doberschütz unter insgesamt günstigen Umweltbedingung

7.3. Ziel dieser Prognoseverfahren

Es sollen Entscheidungshilfen zur Verfügung gestellt werden, die eine Grundlage für die Planung von Umfang, Intensität und Verfahren des Waldumbaus darstellen. Dabei könnten aufgrund konkreter Standortbereiche und langfristiger Klimawerte:

1. Standortabhängige Empfehlungen zur Waldverjüngung in bezug auf folgende Faktoren gegeben werden:
 - Baumarten-Anbaueignung
 - Mischungswahl
 - Oberbestandsbehandlung
 - Bodenbearbeitung / Düngung

2. Risikoabschätzungen für vorgesehene Waldumbauvorhaben durchgeführt werden:
Zur Beurteilung der Auswirkungen verschiedener Umweltdynamiken bspw. über Szenarien möglicher Klima- oder Immissionsentwicklungen.

Nach einer Phase einer weiteren artspezifischen „Justierung“ des Prognosesystems, der Verifizierung mit gemessenen Wachstumsabläufen unter differenzierten Umweltbedingungen und der Abdeckung weiterer wichtiger Baumarten, könnte dieses System für standortskonkrete Bewirtschaftungsempfehlungen bei Waldumbauvorhaben herangezogen werden.

7.4. Dynamik der Bodenvegetation und der Feinwurzelmassen in Kiefernumbauversuchen nach Herbizideinsatz

Zur Untersuchung der Auswirkungen eines Herbizideinsatzes unter den Bedingungen eines Voranbaus unter Kiefernaltholzschirm wurde innerhalb eines Waldumbauversuches im FoA Doberschütz auch eine Variante der Bekämpfung des flächendeckend vorhandenen *Calamagrostis epigeios* mit 'Fusilade' angelegt. Die Herbizidbehandlung hat eine sehr deutliche (auch selektive) Reduktion des oberirdischen Graswachstums bewirkt.

Ein Hauptargument des Herbizideinsatzes in Kieferngebieten ist, daß hierdurch der angespannte Wasserhaushalt von wichtiger Konkurrenzflora entlastet werden könnte. Dies kann - zumindest für Voranbauten - durch die z.T. sehr umfangreichen Messungen des Bodenwasserhaushaltes nicht bestätigt werden.

Die Grasvegetation wird sehr schnell, z.T. flächendeckend durch eine Nachfolgeflora (z.B. Brombeere) ersetzt, so daß hier schnell neue Transpirationspotentiale entstehen. Die Bodenwasserdynamik wird offenbar weitgehend durch die Oberbestandesdichte überprägt (siehe entspr. Abschnitt weiter oben).

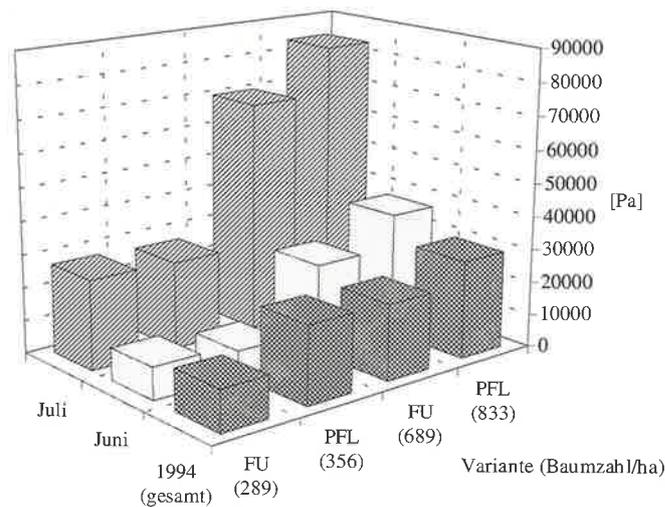


Abb. 11: Mittelwerte der Bodensaugspannung (30 cm Tiefe) in den Varianten Herbizidbehandlung ('FU') und Vergleichsvariante ('PFL') in Abhängigkeit von der Oberbestandesdichte Versuchsfeld Doberschütz 1994

Die variantenspezifische Untersuchung der Feinwurzelmassen im Versuchsfeld Doberschütz zeigt, daß bis jetzt die Herbizidbehandlung keinen durchgreifenden Einfluß auf die Wurzelmasse der Gräser hatte - möglicherweise ein weiterer Grund für die starke Überprägung des Wasserhaushaltes durch den Oberbestand.

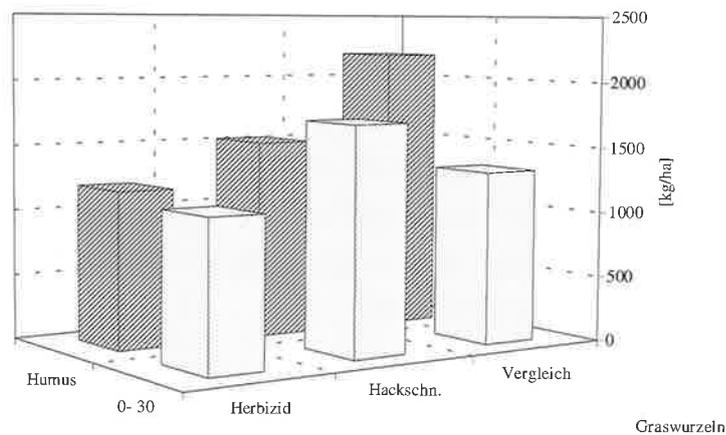


Abb. 12: Graswurzelmasse (Variantenvergleich) im Versuchsfeld Doberschütz 1994

Die Herbizidbehandlung wirkt also zunächst kaum auf die Wurzelmasse der Gräser, hat aber zugleich tendenziell Einfluß auf die Feinwurzelmasse des Kiefern-Oberbestandes. Die Masse der vitalen Kiefern-Feinwurzeln ist, im Vergleich zu den Alternativbehandlungen, in den Varianten mit Herbizid-Behandlung reduziert.

Diese Entwicklung ist sehr bedenklich, vor allem wenn man berücksichtigt, daß ohnehin nur relativ geringe Feinwurzelmenngen vorhanden sind, die auf Schädigungen des Oberbestandes hindeuten. Andere mögliche Ursachen (etwa stark abweichende Gesamtwurzelmassen (vital und subvital) oder ungewöhnlich niedrige pH-Werte im Boden) für diese Unterschiede sind nicht erkennbar.

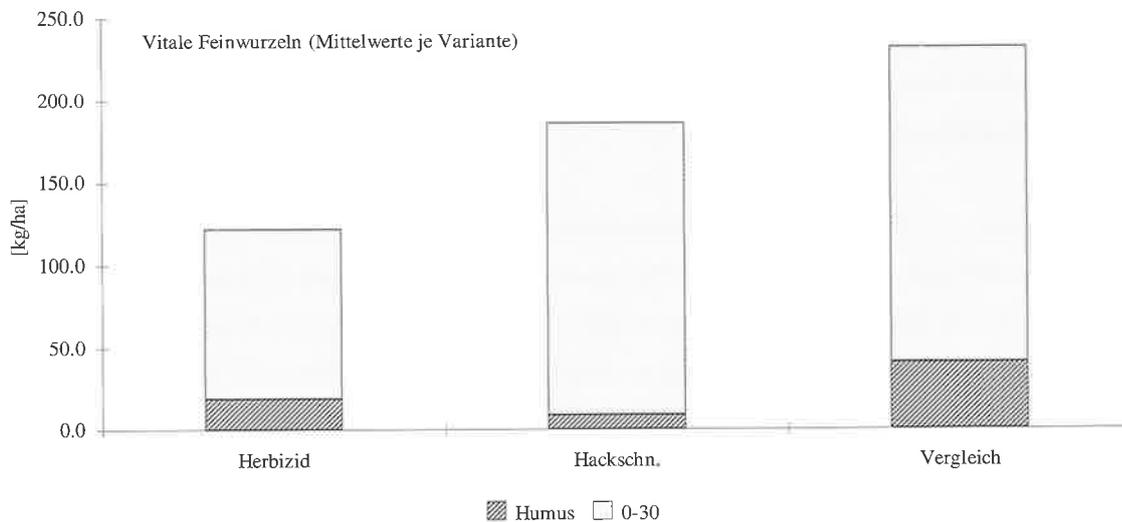


Abb. 13: Kiefern-Feinwurzelmasse im Versuchsfeld Doberschütz 1994

7.5. Bisherige Ergebnisse und Schlußfolgerungen aus Waldumbauversuchen in Kieferngebieten

1. Die Wasserversorgung über alle untersuchten Standorte (sandige Substrate) in diesem Raum ist der begrenzende Faktor für die Anbauwürdigkeit verschiedener Baumarten bzw. generell für die Möglichkeit des Aufbaus mehrschichtiger Waldstrukturen.
2. Der Lichtgenuß für die Umbaubaumarten in Voranbauten unter Kiefernbeständen ist völlig ausreichend - selbst bei relativ hoher Bestandesdichte eines Kiefern-Altbestandes.
3. Die Notwendigkeit der Auflichtung eines Kiefernbestandes zur Vorbereitung für einen Voranbau begründet sich eher wegen der dadurch möglichen Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes und aus technologischen Gesichtspunkten - als aus dem Lichtbedarf der Voranbaupflanzen.
4. Erste Ergebnisse verdeutlichen, daß über die gebräuchlichen Baumarten (TEI, WLI, HBU) hinaus weitere Baumarten anbaufähig sind, und sich auch unter Trockenstreß behaupten können (z.B. die Ahornarten). Zukünftig werden weitere Baumarten mit einem hohen Potential an Dürretoleranz in die Untersuchungen einbezogen.

5. Ein Herbizid-Einsatz unter Kieferschirm - auch auf vergrasten Standorten- ist nach Möglichkeit zu vermeiden, da die gewünschten Wirkungen auf den Bodenwasserhaushalt nicht zustande kommen und eine Abnahme der vitalen Feinwurzelmasse des Oberbestandes möglich erscheint.
6. Aufgrund der flächendeckend hohen Staubeinträge der Vergangenheit und einer geringen Pufferkapazität sandiger Substrate ist eine meliorative Kalkung in der Regel nicht erforderlich. Die Bodenbearbeitung sollte sich an der Bodenvegetation orientieren und auf ein Mindestmaß beschränken. Die praxisübliche Herstellung von Pflanzstreifen mittels Pflug wird als vorteilhaft angesehen.
7. Die Quantifizierung der Wirkung standortabhängiger und bewirtschaftungsbedingter Umwelteinflüsse auf die Entwicklung der Waldumbauvorhaben ist mit einem an der LAF in Entwicklung befindlichen Prognosesystem realisierbar. Die Umsetzung dieser Ergebnisse in praxisrelevante, standortspezifische Bewirtschaftungsempfehlungen wird mit dem Ausbau des Versuchsflächennetzes möglich werden.

7.6 Für praktische Waldumbauverfahren im Tieflandbereich auf Sandstandorten (Kiefernaltbestände) zu berücksichtigende Faktoren:

1. räumliche Bestandesentwicklung:

- Vollflächige Verjüngungsmaßnahmen sollten vermieden werden, um:
 - eine räumliche Strukturentwicklung zu ermöglichen,
 - die Oberbestandesstabilität zu gewährleisten / die Wertsteigerung zu fördern,
 - bestimmte Teilflächen für eine spätere (KI-) NV vorzuhalten. Je ungünstiger Standort ist, um so größere Teilbereiche sollten der Nadelbaum- (Ki) Naturverjüngung vorbehalten bleiben. Orientiert an BZT's bzw. nat. Waldgesellschaften hieße dies bspw:
 M/K - Standorte: max. 10% für KI-NV
 Z-Standorte: bis 60 %
 - technol. Aspekte zu berücksichtigen (Bestandesaufschluß / Holzbringung usw.)
 - eine Streckung hochwertigen Holzvorrates zu erreichen

- Mischung:

Es sollte möglichst eine horstweise BA-Mischung (ca. 0.1 ha für BA-Einheit) angestrebt werden, um:

- jeweils optimale Wuchsbedingungen für entsprechende BA zu schaffen,
- negative interspezifische Konkurrenzwirkungen ('Entmischung') zu vermeiden und
- eine Verringerung bzw. Optimierung des Pflegeaufwandes zu erreichen. Eine Ausnah-

me bildet die gleichzeitige Einbringung der Hauptbaumart und einer dienenden Baumart (bspw. TEI und Hbu) zur Vermeidung einer 2. Schutzperiode (Zaun). Hierbei könnte eine Reihemischung - etwa jede 3./5. Reihe HBU sinnvoll sein.

- **Flächengröße:**

Zur Schaffung günstiger ökologischer Verjüngungsbedingungen (Oberbestandesauflichtung für optimale Wasserversorgungs- und Lichtbedingungen der Voranbaubaumarten) und ökonomischen Überlegungen (effektive Bodenbearbeitung, Verhältnis Zaunaufwand zu geschützter Fläche, Flächenübersicht, Holzanfall usw.) sollten jedoch minimal ca. 0.5 ha gleichzeitig und zusammenhängend in den Voranbau gehen. Gleichzeitiger Voranbau sollte auf max. 80 % der Gesamtbestandesfläche (dann verteilt auf mehrere Horste) erfolgen, wenn der Bestandeszustand eine zeitliche Staffelung zulässt.

- Die Hiebsform kann i.d.R. schirmartig erfolgen. Ein intensiver Aufschluß für spätere Eingriffe ist erforderlich.

- Der Rückelinienabstand sollte max. 30 m betragen. Auf ein Freilassen von Kronenfällbereichen ist zu achten.

2. zeitliche Bestandesentwicklung:

Beginnen sollte der Waldumbau mit den schutzbedürftigen Laubbaumarten. Bei vorgesehenen größeren Teilflächen für eine Ki-NV könnte dieser Laubbaumvoranbau auch komplett gleichzeitig erfolgen. Eine Nachlichtung bzw. Weiterführung der Verjüngung sollte erst erfolgen, wenn vorhergehende Voranbau-BA ca. 2-3 m Höhe erreicht haben.

3. Oberbestandesbehandlung auf der Verjüngungsfläche:

Im vorliegenden Standortsbereich kommt der Wasserversorgung entscheidende Bedeutung für das Baumwachstum zu. Der Lichtgenuß unter einem Kiefernaltholzschirm ist generell ausreichend. Da der Bodenwasserentzug hauptsächlich durch den Kiefernoberbestand hervorgerufen wird, sollten die Auflichtungsgrade im sandigen Substratbereich für Voranbauten unter Kiefernaltholz auf ca. $B^\circ 0.4-0.5$ abgesenkt werden. Schon bei B° von 0.7 entstehen deutlich verschärfte Wasserstressbedingungen. Dies kommt auch technologischen Gesichtspunkten (maschinelle Bodenbearbeitung) entgegen. Die Schutzwirkung des Oberbestandes (gegenüber zu starker Lichteinstrahlung, Spätfrostgefahr usw.) bleibt bei $B^\circ 0.4-0.5$ offenbar noch weitgehend erhalten.

4. Bodenbearbeitung:

Eine Bodenbearbeitung ist i.d.R. sinnvoll, da oft eine hohe Konkurrenzkraft der Bodenvegetation auf dem gesamten Standortsspektrum der Kieferngebiete - mit Ausnahme degradierter Standorte - besteht.

Technologien: - streifenweises Pflügen

- streifenweises Fräsen (die Auswirkungen dieser Technologie auf den Bodenwasserhaushalt der Sandböden wird von der LAF untersucht werden.)

Kalkung: Auf Grund der basischen Staubeinträge der Vergangenheit und der geringen Austauscherkapazitäten der Sandböden erscheint eine Kalkung derzeit nicht generell erforderlich - dies kann sich bei veränderten Immissionsbedingungen aber relativ kurzfristig ändern!

5. Baumarten der Verjüngung :

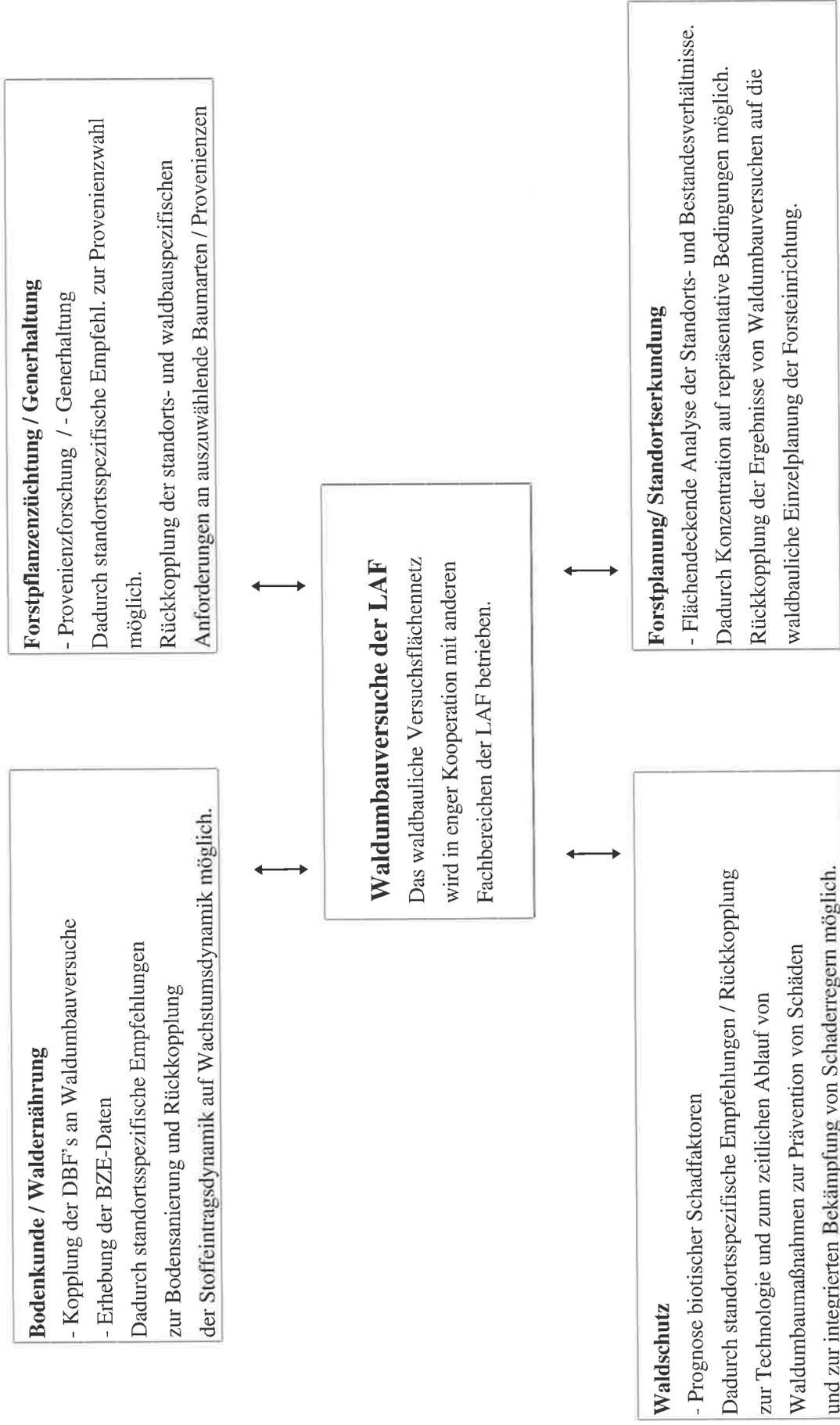
Neben den (standortsabhängig) üblichen Arten wie RBU, WLI, HBU sollten auch die sonst vorrangig auf der Freifläche verjüngten Arten (wie TEI, REI) wenn möglich vorangebaut werden und weitere, in Kieferngebieten bisher wenig berücksichtigte, aber offenbar durchaus geeignete (trockentolerante) Arten wie SAH, BAH, WKIR stärker berücksichtigt werden, da sie eine große ökologische Amplitude aufweisen, günstige Standortrückwirkungen haben und für die Struktur und Mischung in den angestrebten Bestandeszieltypen benötigt werden.

Es sollten Pflanzengrößen für Laubbaumarten ca. 60-80 cm verwendet werden, da hiermit nachfolgende Kulturpflingemaßnahmen überflüssig werden, und auf bearbeiteten Pflanzplätzen gute Anwuchsergebnisse auch dieser Pflanzengrößen erreicht werden.

Für die Pflanzenqualität und für das Vorhalten von Teilflächen für späteren Anbau oder NV der Oberbestandsbaumart (Kiefer) gilt das gleiche wie für die Fichte (siehe oben).

Weichlaubhölzer können auch in diesem Standortsbereich einen beachtlichen Einfluß im Nährstoffkreislauf eines Waldökosystems haben. Sie sollten daher soweit als möglich toleriert werden. Angekommene Laubbäume (bspw. „Hähereichen“) sollten intensiv gefördert, und in der Voranbauverjüngung berücksichtigt werden.

8. Integration der Waldumbauversuche in die Gesamtkonzeption der LAF



Empfehlungen für den Waldumbau im Mittelgebirge auf der Grundlage von Bestandeszustandsanalysen

Dr. habil. Dorothea Gerold
Sächsische Landesanstalt für Forsten Graupa

Charakterisierung des sächsischen Mittelgebirges

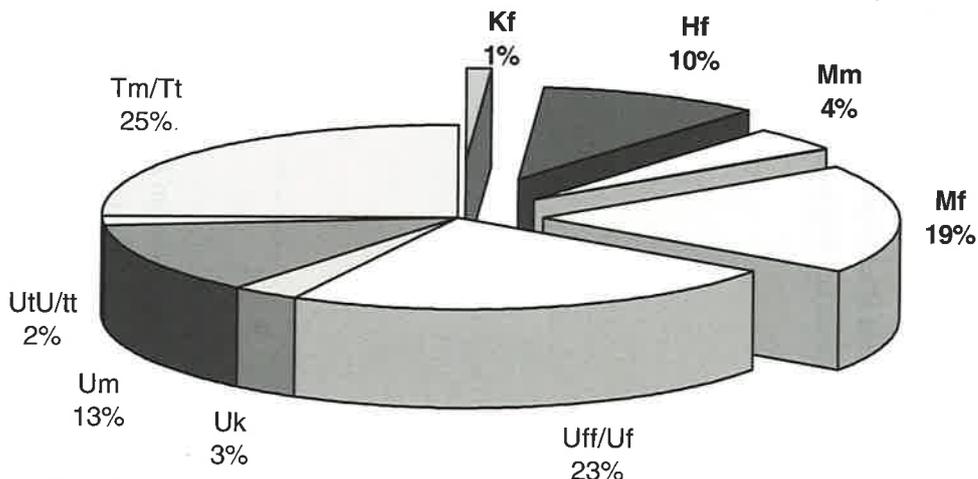
Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Sachsen umfaßt nach Angaben des Statistischen Landesamtes (Stichtag 31.12.1992) eine Fläche von 18 407,3 km². Die Forstflächeninventur ergab zum gleichen Stichtag für den Gesamtwald rund 495 500 Hektar. Das entspricht einem Bewaldungsprozent von 27 % und einer Waldfläche von 0,1 Hektar je Einwohner. Sachsen gehört damit zu den waldärmeren Bundesländern. Aus forstlicher Sicht wird Sachsen in 13 Wuchsgebiete eingeteilt (SCHWANECKE 1991, 1992A, B, KOPP/ SCHWANECKE 1991). Die Wuchsgebiete *Vogtland (44)*, *Erzgebirge (45)*, *Elbsandsteingebirge (46)*, *Oberlausitzer Bergland (47)* und *Zittauer Gebirge (48)* bilden den Naturraum "Mittelgebirge". Sie nehmen eine Fläche von 564 432 Hektar ein. Das ist knapp ein Drittel (30,8 %) der Landesfläche Sachsens. Der Wuchsraum beinhaltet mit 223 190 Hektar die knappe Hälfte der Waldfläche Sachsens (45 %). Waldanteil und -verteilung sind in den Wuchsgebieten sehr unterschiedlich.

Entsprechend der Themenstellung des Projektes wird das Mittelgebirge enger gefaßt und auf die Höhenlagen über 450 m ü. NN beschränkt. So abgegrenzt, umfaßt das Mittelgebirge die **Kamm-lagen, Höheren und Mittleren Berglagen**, d. h. die **Klimastufen Kf, Hf, Mf und Mm** und nimmt eine **Waldfläche von 139 000 Hektar** ein (Abb. 1). Das ist immerhin noch reichlich ein Viertel der Waldfläche Sachsens.

Waldfläche Sachsen: 411 000 ha

Mittelgebirge: 139 000 ha



DSWF: 01.01.1992

Abb.1: Verteilung der Waldfläche Sachsens nach Klimastufen (411 000 ha = 100 %) (Holzbodenfläche ohne Bundesforst und ohne Kirchenwald)

Diese Waldfläche setzt sich zu 83 % aus Waldflächen des Erzgebirges, zu 11 % des Vogtlandes und zu je 2 % des Elbsandsteingebirges, Oberlausitzer Berglandes und Zittauer Gebirges zusammen, wobei der Anteil der Waldflächen in den Höhenlagen über 450 m ü. NN je Wuchsgebiet sehr unterschiedlich ist (Vogtland 48 %, Erzgebirge 78 %, Elbsandsteingebirge 14 %, Lausitzer Bergland 12 % und Zittauer Gebirge 68 %).

Die Verteilung des Waldes nach Eigentumsarten für Sachsen und das Mittelgebirge ist der Tabelle 1 zu entnehmen. Von den 144 800 Hektar Waldfläche sind 62 % Staatswald (Abb. 2). Das bietet gegenüber anderen Wuchsgebieten günstige Voraussetzungen für das im Waldgesetz von Sachsen und in den Waldbaurichtlinien für den Landeswald festgelegte Ziel des Waldumbaus zu naturnäheren Bestockungen.

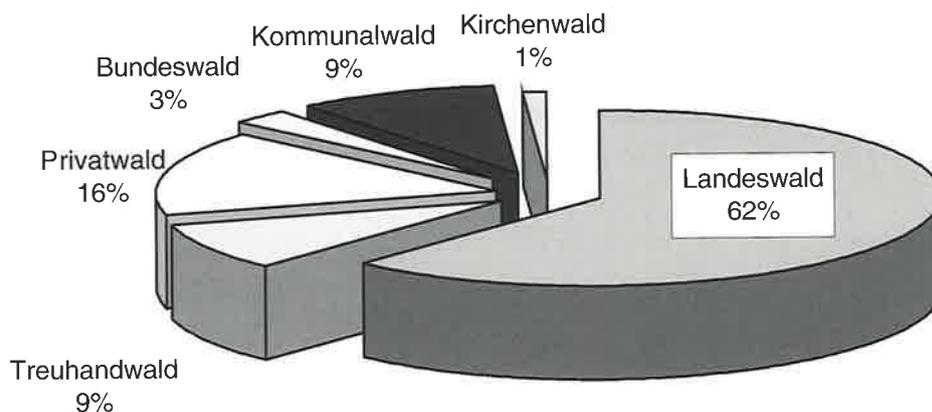
Tab. 1: Verteilung des Waldeigentums in Sachsen und im Mittelgebirge*

Eigentumsart	Sachsen		Mittelgebirge*		
	Fläche	Anteil	Fläche*	Anteil*	Anteil°
	Tha	%	Tha	%	%
Bundeswald	38,5	8	3,97	3	1
Landeswald	184,1	37	90,15	62	18
Körperschaftswald	34,9	7	13,72	9	3
Treuhandrestwald	127,1	26	12,91	9	3
(Klein-)Privatwald	100,0	20	22,53	16	4
Kirchenwald	10,9	2	1,51	1	0
Waldfläche insg.	495,5	100	144,79	100	29

*Lagen über 450 m ü. NN

° von der Waldfläche Sachsens

Waldfläche: 144 800 ha



DSWF: 01.01.1993

Abb. 2: Anteil der Eigentumsarten im Mittelgebirge Sachsens (Waldfläche > 450 m ü. NN)
(Waldfläche incl. Bundesforst und Kirchenwald)

Klima

Das Klima Sachsens ist kleinräumig gegliedert. Der Anstieg vom Tiefland zum Gebirgskamm, von 80 m auf 1 200 m Meereshöhe, bringt deutliche höhenabhängige Klimaausprägungen mit sich. Das Erzgebirgsklima ist, verglichen *mit dem sächsischen Tiefland*, im Sommer verhältnismäßig kühl, im Winter relativ mild. Im Vergleich *zu anderen deutschen Mittelgebirgen* und jeweils bezogen auf die gleiche Meereshöhe, ist das Erzgebirge im Sommer sonnenscheinarm, stark bewölkt, aber relativ trocken und im allgemeinen auch warm. Im Winter ist es dagegen kalt, niederschlagsarm, schneereich, schwächer bewölkt und sonnenscheinreich (GOLDSCHMIDT, 1950). Die Fernsicht ist allerdings häufig durch die „böhmischen Nebel“, also die aus dem Böhmischem Becken herantransportierten und stark mit Schadstoffen befrachteten Luftmassen, gestört. Die Niederschläge, die zu einem großen Teil als Nebel und Schnee fallen, tragen in den exponierten Lagen natürlich auch größere Mengen nah- und ferntransportierte gelöste Luftschadstoffe in die Waldböden ein.

Die Pedogenese (Bodenbildung) der Waldböden fand nur in den seltensten Fällen direkt auf dem verwitterten Grundgestein statt (HUNGER, 1992). Vielmehr waren Umlagerungsvorgänge die Regel, die vor allem in vegetationsfreier Zeit während der Eis- und Zwischeneiszeiten auftraten. Verbreitet waren das Bodenfließen an Hängen auf gefrorenem Untergrund (Solifluktion), Bodendurchmischung durch frostbedingte Hebungsvorgänge (Kryoturbation) sowie Ablagerungen von Löß.

Potentielle natürliche Waldgesellschaften

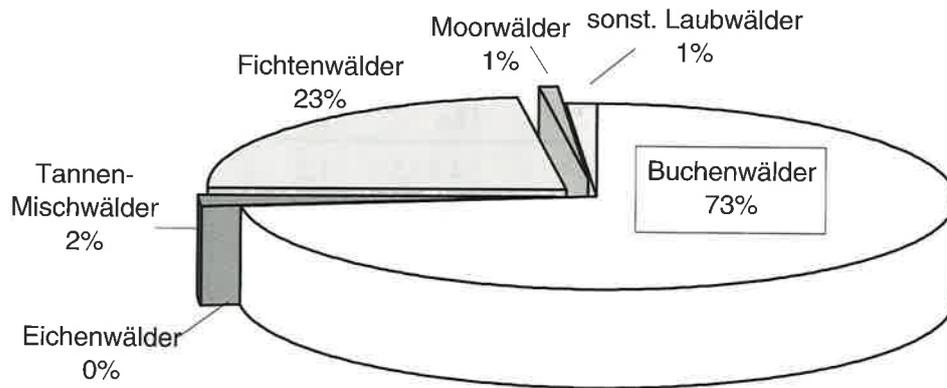
Die potentielle natürliche Waldgesellschaft gibt wertvolle Hinweise über die Naturnähe des Waldökosystems und bildet die Grundlage für die Ausscheidung von Waldbiotopen. Eine Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften Deutschlands erarbeitete SCHMIDT (1995). Sie wurde nicht primär nach floristisch-soziologischen Kriterien, aber auch nicht nur nach dem Standort gegliedert, sondern berücksichtigt neben ökologischen Gesichtspunkten auch die Dominanz der Baumarten. Die Waldgesellschaften sind relativ weit gefaßt. Sie eignen sich als Leit-Biotope und weisen die typischen Arten der einzelnen Gesellschaften nach Baum-, Strauch- und Krautschicht aus.

Katalog-Nr.	Natürliche Waldgesellschaft	Sachsen		Mittelgebirge Kf-... Mm-Lagen	
		ha	%	ha	%
111	Mesophile Buchen(misch)wälder	4 833	1,2	1 539	1,1
113	Bodensaure artenarme Buchen(misch)wälder	230 619	56,1	101 855	72,1
121	Hainbuchen-Eichenwälder	33 530	8,2	0	0
122	Thermophile Eichen-Trockenwälder	20 811	5,1	0	0
123	Bodensaure-Eichen(misch)wälder	51 910	12,6	279	0,2
131	Tannen-Mischwälder	3 389	0,8	2 450	1,7
132	Fichtenwälder	32 934	8,0	32 934	23,3
141	Zwergstrauch- o. moosreiche Sand-Kiefernw.	16 931	4,1	0	0
211	Erlen-Eschen-Auen, Quell- u. Niedlungsw.	3 833	0,9	937	0,7
212	Hartholz-Auenwälder	2 585	0,6	0	0
221	Erlen-Bruchwälder	1 015	0,2	0	0
222	Birken-, Kiefern- und Fichten-Moorwälder	3 199	0,8	1 038	0,7
241	Eschen-Ahorn-Wälder	5 663	1,4	175	0,2
242	Ahorn-Linden-Wälder	48	0	32	0
	Gesamtwald (Holzboden, mit Standorts-Ansprache)	411 300	100,0	141 239	100,0

Tab. 2: Flächenanteile der potentiellen natürlichen Waldgesellschaften an der Waldfläche von Sachsen und der sächsischen Mittelgebirge (Höhenlagen \approx 450 m; Einstufung nach dem Katalog von SCHMIDT, 1995)

An der Sächsischen Landesanstalt für Forsten in Graupa wurde ein Katalog zur Zuordnung dieser Waldgesellschaften zu den kartierten Stamm-Standortsformengruppen der Holzbodenfläche (LAF, 1994B) erarbeitet, der es ermöglicht, sachsenweit oder für Naturräume bzw. Wuchsgebiete die potentiellen Waldgesellschaften anzugeben. Nachfolgend sind die heutigen potentiellen natürlichen Waldgesellschaften nach ihrem Flächenanteil für ganz Sachsen und das sächsische Mittelgebirge zusammengestellt.

Heutige natürliche Wälder würden sich zu rund 25 % aus Nadelwäldern (vorwiegend Fichten- und einige Tannemischwälder), zu 72 % aus bodensauereren artenarmen Buchen(misch)wäldern und zu rund je 1% aus mesophilen Buchen(misch)wäldern, Erlen-Eschen-Auen und Fichten-Moorwäldern zusammensetzen (vgl.Tab. 2, Abb. 3). Eichenmischwälder sind praktisch ohne Bedeutung. Die Eichenarten sind am Rande ihres Vorkommens und nur noch sporadisch in den Waldgesellschaften vertreten. Gleiches gilt für die Tieflandskiefer.



DSWF: 01.01.1992

Waldfläche: 141 000 ha

Abb.3: Anteile der potentiellen natürlichen Waldgesellschaften für die gegenwärtige Waldfläche des Mittelgebirges von Sachsen

Aktuelle Baumartenverteilung

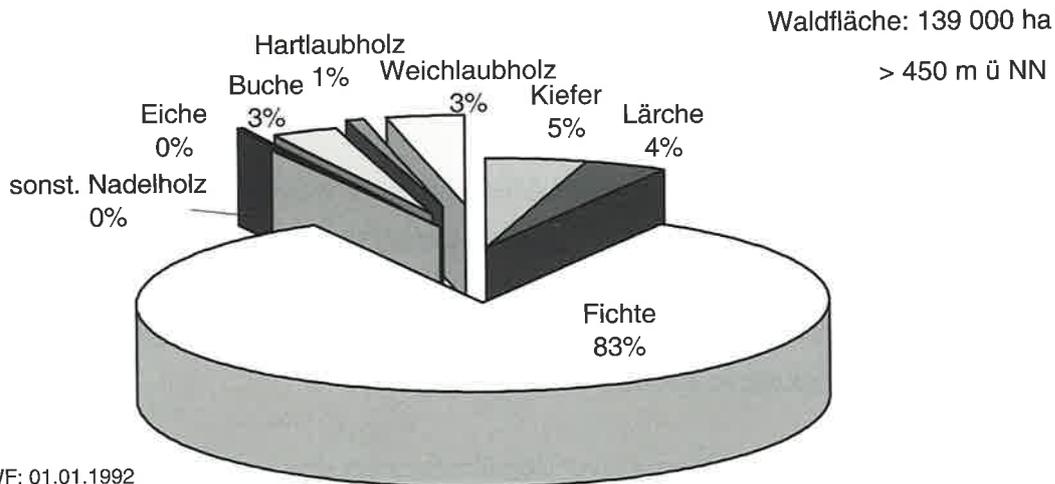
Die Analyse der aktuellen Baumartenzusammensetzung (DSWF mit Stichtag 01.01.92, incl. Kirchenwald) verdeutlicht die Abweichungen von der Naturnähe für die Wälder im Mittelgebirge Sachsens. Statt 74 % Laubwald entsprechend den potentiellen natürlichen Waldgesellschaften dominiert der Nadelwald, d. h. zu 83 % Fichtenforsten. Die Nadelbaumarten nehmen 92 % der Waldfläche ein. Die Baumart Buche ist lediglich mit 4 400 Hektar (3 %) vertreten. Sie wird im Flächenanteil vom Weichlaubholz überboten (4 850 ha, > 3 %). Dieser relativ hohe Weichlaubholzanteil ist vorrangig in den Immissionsschadzonen I und I_{extrem} zu finden. Er ist in den zurückliegenden Jahren angestiegen und beinhaltet u.a. auch Ebereschenvorwälder in den Rauchschaadgebieten der Kammlagen.

Der Flächenanteil der Baumartengruppe Hartlaubholz ist mit 1 200 Hektar (1 %) sehr gering. Er unterstreicht, wie die Fichtenforsten an Naturnähe verloren haben, da die typischen Hartlaubholzvertreter Bergahorn und Buche sowie die Nadelbaumart Weißtanne, die als charakteristische Baumarten in den herzynischen Fichten-Bergmischwald gehören, nicht mehr vorhanden sind. Abbildung 4 veranschaulicht die Anteile der Baumartengruppen an der Waldfläche im Mittelgebirge Sachsens.

Altersstruktur

Von den 139 000 Hektar Waldfläche des Mittelgebirges gehören 138 000 Hektar dem Altersklassenwald an. Nur rund 1 000 Hektar sind ungleichaltrig bzw. haben ein Alter von über 200 Jahren. Die Altersstruktur über alle Baumarten hinweg wird ganz stark geprägt durch die Altersstruktur der Baumartengruppe Fichte. Wird die Altersstruktur verglichen mit der Idealstruktur

für Fichte bei einer Umtriebszeit von 11 Jahren sind nur drei bis vier Altersstufen annähernd normal ausgestattet (Abb. 5). Auffällig sind die Unterausstattung der 2. und der 6. Altersstufe (11..20 Jahre und 51..60 Jahre) und die sehr starke Überausstattung der 4. Altersstufe (31..40 Jahre).



DSWF: 01.01.1992

Abb. 4: Baumartenstruktur im Mittelgebirge Sachsens nach Baumartengruppen

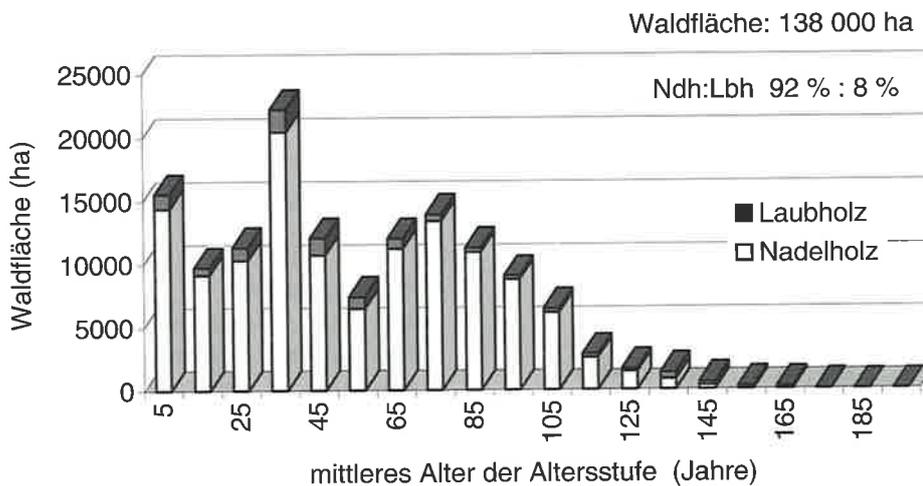


Abb. 5: Altersstruktur der Waldfläche im Mittelgebirge Sachsens (über alle Baumartengruppen hinweg)

Die Bemühungen um eine naturgemäße Waldwirtschaft Mitte der 30er Jahre dieses Jahrhunderts mit horst- und gruppenweiser Verjüngung unter Schirm äußern sich in einem deutlichen Rückgang der Verjüngungsfläche (vgl. die 6. Altersstufe, Alter 51 - 60 Jahre). Andererseits ist trotz der Hinwendung zur Vorratspflege in den Nachkriegsjahren 1951 - 1961 und der Weiterentwicklung der naturgemäßen Waldwirtschaft durch Differenzierung nach Baumarten- und Behandlungsvarianten eine Überausstattung der 4. Altersstufe (Alter 31 - 40 Jahre) unverkennbar. Daß die 4. Altersstufe fast einen doppelten Flächenanteil aufweist, ist im wesentlichen die Folge der intensiven Bemühungen um eine Wiederaufforstung der in den Nachkriegsjahren für

Reparaturen und den Wiederaufbau (hoher Stammholzbedarf) geführten großen Kahlschläge bzw. von Borkenkäfer- und Nonnenkalamitäten. Auch die 1. Altersstufe wurde in einer Zeit waldbaulicher Reformen (Reduzierung der Kahlschlagsgröße, Forcierung des Laubholzanbaus) begründet. Sie besitzt trotzdem eine hohe Flächenausstattung, was eine Folge der Aufforstung der erheblichen Schneebruchflächen des Jahres 1980 und des flächigen Absterbens von immissionsgeschädigten Waldbeständen besonders in der Rauchschatzone I_{extrem} im Osterzgebirge ist.

Die Fläche des Laubholzes wird in den unteren Altersstufen im wesentlichen von den Weichlaubhölzern erbracht. Die Buche hat eine relativ ausgeglichene Altersstruktur, wobei die Buchenfläche der unteren Altersstufen teils noch im Unterstand enthalten ist. Für die heute vorherrschende reale Waldstruktur im Mittelgebirge ist eine Annäherung an die neue Zielstruktur (Baumartenwechsel, Ungleichaltrigkeit) in 100 Jahren kaum möglich.

Trotz periodisch wiederkehrender sehr intensiver Bemühungen um eine naturnahe Waldwirtschaft in den letzten 100 Jahren schlagen im sächsischen Mittelgebirge auch bedingt durch die vermeintliche Standortgerechtigkeit der Fichte die Merkmale des Altersklassenwaldes durch. Die Altersstruktur läßt die Instabilität künstlicher Fichtenforsten erkennen. Die Bestockungsdichten der Altersstufen sinken in den mittelalten Fichtenbeständen deutlich ab und betragen im Altholzblock nur 75 bis 85 Prozent (Abb. 6).

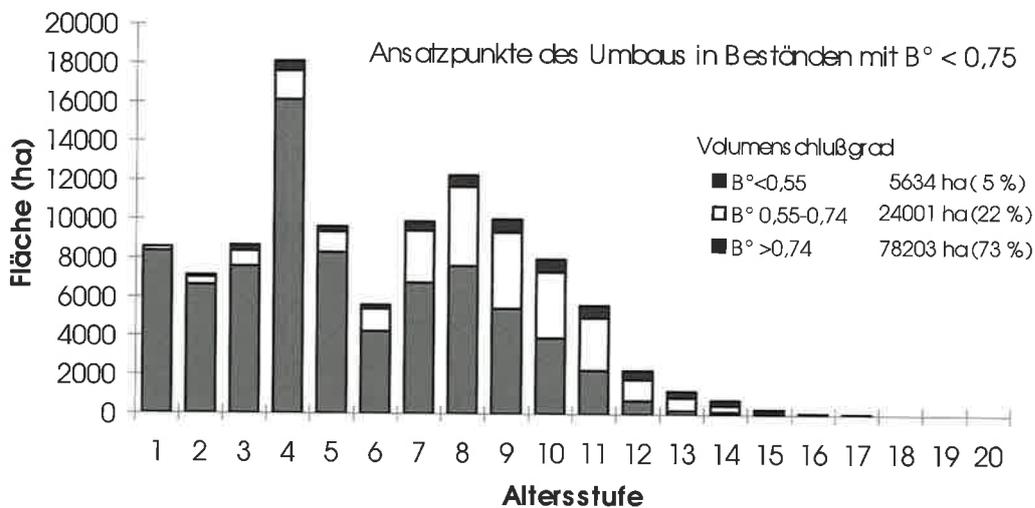


Abb. 6: Altersstruktur der Baumart Fichte (nur *Picea abies*) in den Kammlagen, Höheren und Mittleren Berglagen der sächsischen Mittelgebirge (Lagen > 450 m ü. NN) Altersstufe 1: 1 - 10 Jahre;; Altersstufe 20: 191 - 200 Jahre

Die Altersstruktur der Fichte unterstreicht, daß bei der Wiederaufforstung in den letzten 10 Jahren (1983 bis 1992) zwar der Fichte nur noch 55 % der Verjüngungsfläche eingeräumt worden ist, sie zeigt aber auch im Vergleich zur Altersstruktur über alle Baumarten hinweg (Abb. 5), daß nur knapp 8 % mit Laubholz und 37 % mit sonstigem Nadelholz aufgeforstet wurden.

Bestandesaufbau

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt betont, sind nur ca. 1 000 Hektar des Mittelgebirgswaldes **ungleichaltrig** und dabei vereinzelt auch gut vertikal strukturiert. Einzelne plenterartig bewirtschaftete Fichtenbestände befinden sich im Forstamt Eibenstock.

Mit wirtschaftlich bedeutsamen **Unterstand** (Naturverjüngung, Voranbau, Unterbau) sind laut Datenspeicher Waldfonds (DSWF, Stichtag 01.01.1993) insgesamt 2 285 Hektar ausgestattet. Das sind 1,65 % der Waldfläche des Mittelgebirges. Davon sind nur rund 35 Prozent (814 Hektar) Laubholzunterstand. Die Möglichkeit, durch Pflegemaßnahmen bereits vorhandene zweischichtige Bestände in struktur- und artenreiche Waldbestände zu überführen, ist demzufolge sehr gering (0,6 % der Waldfläche).

Die Analyse nach der Mischungsform weist bei einem Nadelholzanteil von über 92 Prozent an der Gesamtwaldfläche im wesentlichen den Anteil an Nadelholzmischbeständen aus. Für das Mittelgebirge ergibt sich ein Verhältnis Rein- zu Mischbestand von 74 % zu 26 %, d. h. reichlich ein Viertel der Waldfläche sind Mischbestände unterschiedlicher Baumartenzusammensetzung. Konkrete Aussagen zur Mischungsart und Altersgliederung sind allerdings nicht möglich.

Schadgeschehen

Der Wald im sächsischen Mittelgebirge ist ständig vielfältigen naturbedingt abiotischen und biotischen sowie unmittelbar anthropogen bedingten Risikofaktoren ausgesetzt. Nach der Schadensanalyse (DITTRICH, 1985, KURTH et al., 1987) wird im Gebietsmittel Sachsens ein Forstrevier mindestens

- achtmal im Jahrhundert von mittleren ($> 1 - 5 \text{ m}^{\approx}/\text{ha}$),
- zweimal im Jahrhundert von einem starken ($> 5 - 10 \text{ m}^{\approx}/\text{ha}$) und
- einmal von einem katastrophenartigen Sturm-, Schnee- oder Nebelfrostschaden ($> 10 \text{ m}^{\approx}/\text{ha}$)

betroffen. Einschließlich der leichten Schädigungsintensitäten ($\leq 1 \text{ m}^{\approx}/\text{ha}$) ist mit mindestens 20 Schadensfällen im Jahrhundert - durchschnittlich einem im Jahrfünft - zu rechnen. Als Folge dieser atmosphärischen Schadereignisse fallen im Mittel $0,6 \text{ m}^{\approx}/\text{a} \cdot \text{ha}$ Bruttovolumen Derbholz (knapp 15 % der langjährig realisierten Holznutzung Sachsens) als Schadholz an. Hinzu kommen im Gebietsmittel etwa

- 30 bedeutsame Frostschäden und
- 17 mehrmonatige Dürreperioden

im Jahrhundert, die verstärkt werden durch biotische und anthropogene Waldschäden. In den intensiv bewirtschafteten mitteleuropäischen Nadelholzforsten mußte damit durchschnittlich jeder vierte bis fünfte Kubikmeter geernteten Holzes - etwa ein Kubikmeter pro Jahr und Hektar Nettovolumen Derbholz - in Form von Schadholz genutzt werden (DITTRICH, 1985). Eine

entscheidende Verminderung ist bei der gegenwärtigen Realstruktur des Waldes in absehbarer Zeit nicht zu erwarten. Die Konsequenzen daraus ist ein zielgerichteter Waldumbau zu stabilen Strukturen.

Beurteilung der Buchenaltbestände

Geschichtliches

Die meisten Buchenvorkommen sind Reste ehemals größerer Buchenkomplexe (autochthon). Der Rückgang der Buche ist eine Folge waldbaulicher Ungeduld. Bis in das vorige Jahrhundert erfolgten die Nutzungen im Plenter- und im Kahlschlag mit Überhalt von Samenbäumen bei Schlaggrößen von 1 bis über 100 Hektar ohne Beachtung der Schlagfolgeordnung. Es dominierte ein unregelmäßiger Abbaubetrieb mit vernichtenden Folgen für Buche und Tanne. Die Buche verlor noch zwischen 1834 und 1878 im sich um 20 % vergrößernden Staatswald Sachsens über 40 % ihrer Fläche. Der Rückgang vollzog sich von 4 auf etwas über 2 %, d. h. von 5 000 ha auf nur noch 2 900 ha. Leider verschwand die Buche vor allem auch als Mischbestandsbaumart, da sie in den Fichtenbeständen zunehmend vollständig entfernt wurde. Buchenbestände wurden zunächst nur noch geduldet, wenn sie in Blöcken von der Größe mehrerer Abteilungen zusammenlagen, so daß sie selbst eine Betriebsklasse bilden konnten. Das erklärt, warum heute Buchenbestände oft an der Abteilungsgrenze scharf abschneiden. Buchenblöcke, deren Verjüngung im Zeitraum 1820 bis 1850 in Angriff genommen wurden, sind zum großen Teil erhalten geblieben, während große Bestände, deren Verjüngung bis 1850 noch nicht begonnen hatte, vollkommen verschwunden sind. Große Schirmschläge mit kurzen Verjüngungszeiträumen, gezielte Beseitigung von Buchenaugen und zu hohe Wilddichte sind somit Ursache für den starken Rückgang der Buche.

Aus der Tatsache, daß die **Tanne** vorrangig als Mischbaumart in Buchenbeständen vertreten war, kann gefolgert werden: Der Tannenrückgang ist vielfach durch den Rückgang der Buchenfläche bedingt. So ist auch das Verschwinden von Ulme, Ahorn und Esche zu erklären.

Der Schwerpunkt beim gegenwärtigen Waldumbau wird im Mittelgebirge wiederum auf Buche gelegt. Dabei wird ein Kompromiß zwischen den natürlichen Waldgesellschaften, wirtschaftlichen Erwägungen und dem vermeintlich künftigen Bedarf an Sägeholz je nach Festlegung des Bestandeszieltyps Fichten-Bergmischwaldtyp oder Buchen-Nadelbaumtyp angestrebt. Gegenwärtig sind artenreiche und strukturierte Bergmischwälder im sächsischen Mittelgebirge so gut wie nicht vorhanden.

Zustand der Buchenbestände

Die über 100jährigen Buchen(misch-)bestände sind sehr vorratsreich. In die Zustandsanalyse gingen Bestände der Bonitäten 36 (0.) bis 20 (IV.) ein. Die Grundflächen liegen in der Regel um 35 m²/ha. Die Vorratshaltung schwankt je nach Bonität zwischen 700 und 450 m³/ha Derbholzvolumen. Die Grundflächenschlußgrade deuten mit 1,0 bis 1,3 darauf hin, daß die Buchenbestände in der Vergangenheit sehr dicht gehalten wurden. Meist ist noch eine große Durchmesserdifferenzierung festzustellen. Der Zwischenstand wurde ein Opfer der hohen Bestandesdichte, so daß es sich in der Regel um hallenartige, vertikal kaum strukturierte Buchenbestände handelt.

Das Schadniveau hat sich bei der Buche seit Beginn der WSE-Ansprachen ständig erhöht. Besonders 1995 erfolgte wieder ein drastischer Anstieg. Der Anteil der deutlich geschädigten Buchen liegt sachsenweit bei 33 % (im Mittelgebirge bei ca. 35 %). Nur ca. jede 7. Buche erscheint gesund. Der mittlere Blattverlust liegt bei 23 % (im Mittelgebirge bei 30 %).

Der Phänotyp ist das Reaktionsprodukt des Genotyps auf die vorherrschenden Umweltbedingungen. Er wurde anhand qualitativer Merkmale (Schaft- und Kronenform, Astigkeit, Zwieseligkeit, Rindenfarbe, Drehwuchs), der Wüchsigkeit (d1,3 und h) sowie des Gesundheitszustandes (nach WSE) beurteilt. Die Buchen sind qualitativ gut. Bisher untersuchte Buchenvorkommen des sächsischen Mittelgebirges besitzen genetische Variation als Voraussetzung für den ständigen Prozeß der Anpassung an sich ändernde Umweltverhältnisse. Dies rechtfertigt den verstärkten Anbau der Nachkommen heimischer Buchenpopulationen.

Die sehr hohen Bestandesdichten sind gleichbedeutend mit dichter Überschildung und hoher Absorption photosynthetisch aktiver Strahlung. In geschlossenen hallenartigen Buchenbeständen stehen in Bodennähe meist weniger als 5 % der PAR-Strahlung des Freilands (und meist nach Transmission) zur Verfügung (Abb. 7).

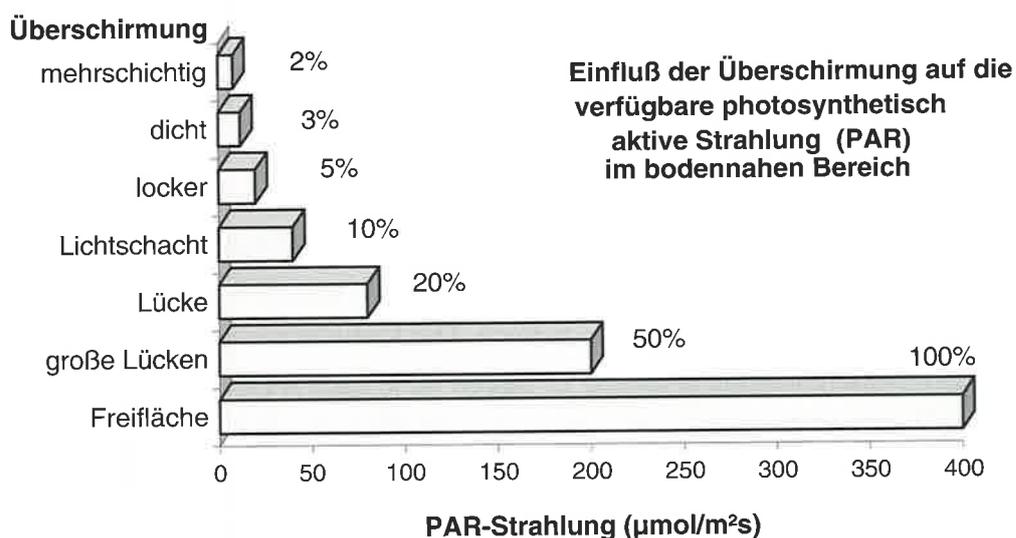


Abb. 7: Einfluß des Buchenschirmes auf das Lichtangebot im bodennahen Bereich

Je weiter die Entfernung vom Buchenoptimum nach Osten ist und je höher die Lage im Gebirge, um so mehr Licht (Wärme) wird für die Verjüngung benötigt. Bei der Keimlingsinventur im Juli 1993 wurden mittlere Keimlingszahlen zwischen 0,5 und 7 Keimlinge/m² ermittelt. Allerdings befand sich keines der beprobten Buchenalthölzer in Verjüngungsstellung. Aussagen über eine Abhängigkeit der Keimlingsanzahl von der Überschildung oder Trophie sind nicht möglich. Erhebliche Unterschiede ergaben sich in der Vitalität der Keimlinge. Auf dem Sandsteinstandort (FA Cunnersdorf) wurden die geringsten pH-Werte im Humus aller untersuchten Buchenflächen festgestellt. Eine Beprobung der Keimlinge ergab, daß die Vitalitätsminderung eine Folge der unzureichenden Wurzelbildung und starken Schädlingsbefalls war. So fehlte die Pfahlwurzel, Verzweigungen im Mineralboden waren kaum zu verzeichnen bzw. es kam zum Abknicken der Wurzel beim Übergang vom Humus zum Mineralboden. Außerdem traten sowohl Primärschädlinge (Graurüßler) als auch Sekundärschädlinge (Pilze) auf. Von ursprünglich 1 Keimling/m² wurde im August noch 0,1 Keimling/m² (10 %) bei allgemein geringer Verjüngungsbereitschaft des Buchenbestandes vorgefunden. Es stellt sich die Frage: *Verliert der Wald die Fähigkeit, sich zu verjüngen?* Daran knüpft sich die zweite Frage an: *Wie lange dauert eine Bodensanierung?*

Unter Beachtung der lichtökologischen Bedingungen werden Sprengmasten auch bei ökologisch günstigen Voraussetzungen kaum für das Gelingen der Verjüngung ausreichen. Sie setzen optimale Bodenverhältnisse voraus. Diese sind auf den bodensauren Standorten des sächsischen Mittelgebirges nicht gegeben. Kalkung ist eine geeignete Maßnahme zur Bodensanierung. Als Verjüngungsverfahren empfiehlt sich das Femelschlagverfahren (Horste 30 - 50 ar). Je weiter nach Osten, umso größer sollten die Verjüngungsflächen sein. Die Femelung verhindert, daß einerseits durch zuviel Licht die Vergrasungsgefahr und die Gefahr der Verfichtung steigen, andererseits garantiert sie, daß im Lichtschacht ein günstiges Mikroklima vorherrscht. Zugleich bleiben längerfristig alle noch vorhandenen Buchen- und Buchenmischbestände erhalten.

Vorkommen und Vitalitätszustand der Fichtenbestände

Dickenwachstum

Für den Fichtenoberstand auf den beiden Intensivmeßflächen Taubenbach (Elbsandsteingebirge) und Morgenröthe (Westerzgebirge) konnte für den Zeitraum von 1974 bis 1989 ein starker Rückgang des Radialzuwachses nachgewiesen werden. Der Radialzuwachs war kleiner als 1,5 mm/Jahr. Die Durchmesserzunahme in diesen 15 Jahren ist je nach Ausgangsdurchmesser der Fichten mit 3 bis 4,5 cm sehr gering. Das Zuwachsverhalten ist bei der Festlegung von Verjüngungsmaßnahmen in Fichtenaltbeständen zu beachten, falls die Zieldurchmesser noch nicht erreicht sind. Seit 1989 ist für die Fichten wieder ein Anstieg des Radialzuwachses gleichbedeutend mit einer Erholung zu verzeichnen. Die englumigen, schmalen Jahrringe mit gerin-

gem Spätholzanteil sind allerdings nicht ohne Wirkung auf die physiologischen Aktivitäten der Fichten und ihre Stabilität.

Dendromasse der Baumkrone

Es erfolgte die Quantifizierung der Dendromassekomponenten für die Fichten. Besonders die Nadelmasse ist eine wichtige Zustandsgröße. Die **Kompartimente Astholz-, Feinreisig- (< 5 mm) und Nadelmasse** korrelieren eng mit dem Astbasisdurchmesser. Die zusätzliche Einbeziehung der Astlänge ist nicht erforderlich. Die Trendkurven sind in (Abb. 7) dargestellt. Sehr straffe Korrelationen ($R > 0,8$ bis $0,9$) ergeben sich für die Astmasse.

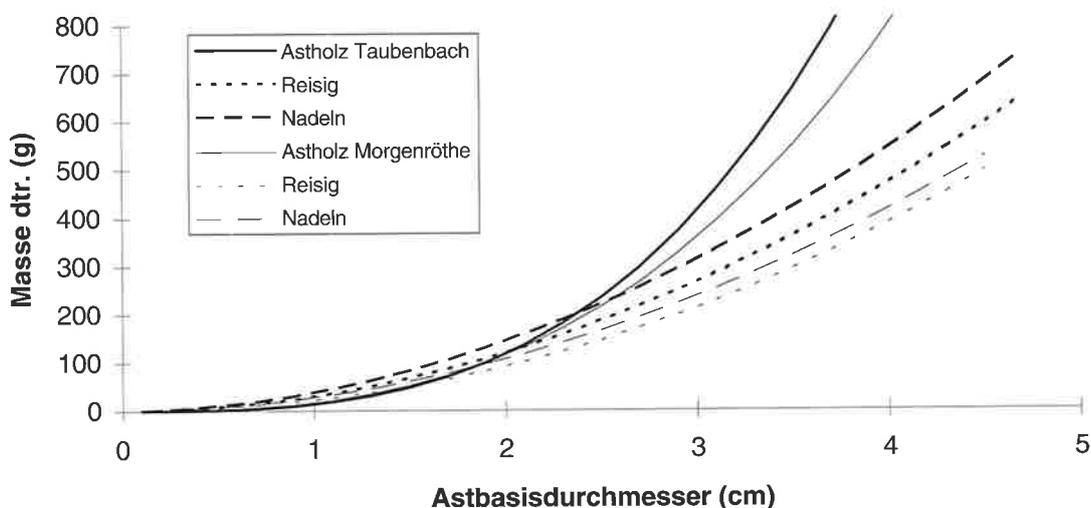


Abb. 8: Trend der Massekompartimente in Abhängigkeit vom Astbasisdurchmesser für beide Forstorte

Unter Verwendung dieser Funktionen können anhand der Astbasisdurchmesserverteilung (5 mm bis 55 mm) die Dendromassekomponenten Ast-, Reisig- und Nadelmasse für die gesamte Krone der Probestämme berechnet und daraus die Kronenmasse je Baum (ohne Schaft) abgeleitet werden. Deutliche Unterschiede gibt es bei den absoluten Massen. Sie differieren zwischen den Bäumen und den Forstorten erheblich. Die **Nadelmassen** sind sehr stark von der Vitalität abhängig. So schwanken die Nadelmassen in Taubenbach zwischen 15 und 60 kg und in Morgenröthe zwischen 5 und 55 kg pro Baum. Eine vitale vorherrschende Fichte hat mit einer **Nadelmasse** (dtr.) von **55 kg die 10fache Menge eines stark geschädigten** und die doppelte Menge an Assimilationsorganen gegenüber einer geschädigten herrschenden Fichte, die nur Dreiviertel der Kronenmasse besitzt. Obwohl die absoluten Anteile zwischen den Bäumen stark schwanken, ergeben sich für die Fichtenkronen sehr stabile prozentuale Anteile (Abb. 8). Unabhängig vom Forstort entfällt die Kronenmasse im Durchschnitt zu 45 % auf Astholz, zu 27 % auf das Feinreisig und zu 28 % auf die Nadeln. Da eine mitherrschende Fichte über 20 bis 30 kg Nadelmasse (dtr.) verfügt, entspricht dies einer assimilierenden Fläche (einfache Nadelfläche) von ca. 100 m². Vorherrschende Fichten haben mehr als die doppelte Fläche.

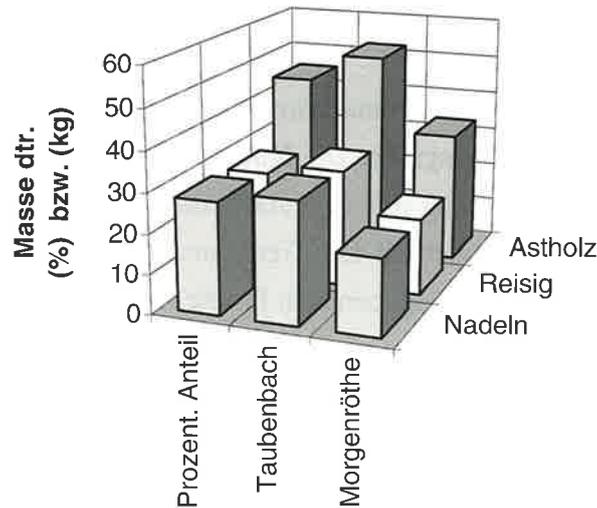


Abb. 9: Prozentualer Anteil (links) und absolute Massen (dtr.) als Durchschnitt für die Probebäume der Waldumbaufflächen getrennt nach den untersuchten Kompartimenten Astholz, Reisig und Nadeln

Zwischen Kronenmasse und Brusthöhendurchmesser bestehen ebenfalls enge Beziehungen. Bei annähernd gleicher Durchmesserspreite treten allerdings deutliche Unterschiede zwischen den zwei Forstorten auf. Bei Bestandesgrundflächen um $20 \text{ m}^2/\text{ha}$ beträgt die Nadelmasse (dtr.) des Fichtenschirmbestandes in Morgenröthe ca. $4 \text{ t}/\text{ha}$ und in Taubenbach $8 \text{ t}/\text{ha}$, bei $30 \text{ m}^2/\text{ha}$ Grundfläche sind es in Morgenröthe rund $7 \text{ t}/\text{ha}$ und in Taubenbach $10 \text{ t}/\text{ha}$.

Splintfläche und Transpiration

Die Splintfläche der Fichten wurde am Stammabschnitt bestimmt. Die prozentualen Anteile der Splintfläche in Brusthöhe lagen für die zwei Fichtenbestände bei 39 bzw. 32 %. Im Durchschnitt waren in Taubenbach noch 29 und in Morgenröthe noch 21 Jahrringe in diesem Schaftbereich wasserleitend. Typische Unterschiede zwischen beiden Forstorten ergeben sich für den Quotienten Nadelfläche (einfache Nadelfläche) zu Nadelmasse (dtr.). Er beträgt für Proben aus dem Jahr 1992 im Mittel für Taubenbach $40 \text{ cm}^2/\text{g}$ ($4 \text{ m}^2/\text{kg}$) und für Morgenröthe $34,4 \text{ cm}^2/\text{g}$ ($3,44 \text{ m}^2/\text{kg}$).

Jahrringbreite, Splintfläche, Nadelmasse und Nadelfläche können zur Charakterisierung der Vitalität der Fichtenbestände herangezogen werden. Aber erst die Saftstrommessung als direkte Methode zur Bestimmung der Transpirationsrate gestattet Einblick in die ökophysiologischen Vorgänge. Der Stammfluß (ml/sec) ist definiert als Wassermenge, die pro Zeiteinheit durch das Splintholz des Baumstammes fließt. Xylemflußmessungen bieten die Möglichkeit, die gesamte Wasseraufnahme direkt zu bestimmen. Durch Kopplung der Xylemflußdichtemessung [$\text{ml}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$] an die Splintholzflächen konnten die Transpirationsmengen je Baum in Abhängigkeit

von den mikroklimatischen Bedingungen berechnet werden. Der Transpirationsstrom wird stark von den herrschenden Strahlungsverhältnissen und der Luftfeuchte beeinflusst. Während die Transpiration bei hoher Strahlung und geringer Luftfeuchte in Taubenbach im Jahre 1993 maximal 20 - 60 Liter/Baum und Tag erreicht (je nach Baumdimension und Kronenzustand), fällt die Transpiration bei hoher Luftfeuchte und geringer Strahlung auf 1 - 5 Liter/Baum und Tag zurück. Die entsprechenden Werte für die Versuchsfläche Morgenröthe liegen maximal bei 15 - 30 Liter/Baum und Tag und minimal bei 1 - 3 Liter/Baum und Tag (LAF, 1994A).

Die Gesamttranspiration für die zwei Fichtenbestände wird ermittelt unter Beachtung der Durchmesser- und unter Nutzung der Regressionsbeziehung Splintfläche und Brusthöhen-durchmesser. Sie liegt für den Zeitraum Mai bis September 1993 in Taubenbach je nach Auflichtungsgrad der Parzellen ($G = 20 - 28 \text{ m}^2/\text{ha}$) zwischen 750 t/ha und 1200 t/ha. Dies entspricht Niederschlagsäquivalenten von 75 bis 120 mm. In Morgenröthe werden entsprechend 250 t/ha bis 600 t/ha erreicht. Diese Transpirationsmengen lassen 1993 eine erheblich gestörte Stoffproduktion vermuten. Wahrscheinlich sind die geringen Mengen das Ergebnis des langjährigen Schadgeschehens gekoppelt an den kühlen Sommer 1993. Andererseits zeigt sich 1994 und 1995 der Einfluß der wärmeren und strahlungsreicheren Sommer. Mit bis zu 80 l/Baum und Tag und bis zu 200 t/ha und Vegetationsperiode (200 mm Niederschlagsäquivalent) transpirierten Wassers wurde in Taubenbach etwa 2/3 mehr Wasser durch den Fichtenoberstand verbraucht als 1993. In Morgenröthe werden mit 30 l/Baum und Tag und bis zu 800 t/ha und Vegetationsperiode (80 mm Niederschlagsäquivalent) die Transpirationsmengen des Fichtenoberstandes vom Jahres 1993 um 1/3 überschritten. Hier zeigt sich der Einfluß der Höhenlage.

Überschirmung

In hiebsreifen oder hiebsdringlichen Fichtenbeständen ist der **aktive Voranbau** die geeignete Maßnahme zum Waldumbau. Auf den zwei Intensivflächen Taubenbach und Morgenröthe erfolgten Schirmhiebe. Der **Beschirmungsgrad** (Kronenschlußgrad) wurde variiert. Aus den Untersuchungen ergeben sich folgende **Faustzahlen** zur **Charakterisierung der Überschirmung**:

Kronenschlußgrad (%)	20	40	60	80
LAI (m ² Blattfl./m ² Bodenfl.)	1	2	3	4
Anteil Freilandlicht (%)	50	35	22	15
Grundfläche (m ² /ha)	7 - 9	15 - 16	25 - 30	35-38
Stammzahl (St./ha)	< 100	150 - 200	300	450

Bei einem Kronenschlußgrad von 40 % beträgt der Anteil des Freilandlichtes in Bodennähe noch ca. 35 %. Dies ist bei Grundflächen von 15 bis 16 m²/ha bzw. bei Stammzahlen von 150 bis 200 St./ha (je nach Höhenlage) der Fall. Mit zunehmendem Kronenschlußgrad sinkt der

Anteil verfügbaren Freilandlichtes in Bodennähe stark ab. Die Lichtökologie der Voranbaupflanzen wird zusätzlich durch die Regenerationsfähigkeit der Fichtenkronen beeinflusst. Dies muß berücksichtigt werden, denn von der **Dichte des Schirms** (Benadlung/Belaubung) und der räumlichen Verteilung der Bäume wird die Strahlungsintensität (Durchlässigkeit der photosynthetisch wirksamen Strahlung in Bodennähe) entscheidend beeinflusst.

Waldumbau durch Voranbau

Vorläufige Ergebnisse von den Intensivflächen

Aus der Initialphase lassen sich bereits Aussagen zum Wachstum der vorangebauten Buchen und Tannen ableiten. Es deutet sich an, daß bei einer Überschirmung von 20 bis 40 % günstige ökophysiologische Bedingungen für die Voranbaupflanzen vorliegen.

Knapp 50 % der Versuchspartzen sind als Mischungen Buche/Tanne angelegt. Die anderen 50 % sind reine Buchenvoranbauten. Die Buchen waren zum Zeitpunkt der Pflanzung 30 bis 40 cm groß. Die Tannen waren in Taubenbach nur ca. 15 cm aber in Morgenröthe doppelt so groß. Im dritten Jahr sind in Morgenröthe Buche und Tanne im Mittel 40 bis 45 cm groß. In Taubenbach hat sich die Höhendifferenz zwischen beiden Baumarten weiter vergrößert. Die Buchen sind im Mittel 55 bis 60 cm und die Tannen nur um 20 cm groß. Das kennzeichnet die Unterschiede zwischen beiden Versuchsorten und weist auf mögliche Konsequenzen für die künftige Pflege hin. Die Ausfallrate wurde jährlich ermittelt. Sie stieg von 1993 über 1994 bis 1995 wie folgt:

Taubenbach:	Buche	von 7 %	über 17 %	auf 23 %,
	Tanne	von 3 %	über 11 %	auf 19 %,.
Morgenröthe:	Buche	von 6 %	über 9 %	auf 13 %,
	Tanne	von 2 %	über 4 %	auf 6 %.

Trotz Pflanzplatzvorbereitung mit Kalkeinarbeitung und Zäunung ist ein Ausfall der vorangebauten Buche von 23 % in den Uf-Lagen bzw. von 13 % in Hf-Lagen sehr hoch. Die Pflanzenzahlen im Voranbau variieren zwischen 2500 und 4500 St./ha. Bei einem Ausfall von 20 % verbleiben je nach Mischungsart und in Abhängigkeit vom Oberstand nur 2000 bis 3500 Pflanzen/ha im Voranbau. Diese Zahlen sollten möglichst nicht unterschritten werden, da sonst der Aufwand nicht gerechtfertigt erscheint.

Die Überlebensrate ist in erster Linie abhängig von der Herkunft, der Qualität der Pflanzen und der Pflanzung selbst. In Taubenbach sind die hohen Ausfälle die Folge unterlassener Kulturpflege bzw. sie steigen in einzelnen Partzen infolge der bodenphysikalischen Eigenschaften (NZ2, Staunässe) auf Werte um 50 %. Hier herrschen teilweise Standortsbedingungen, die für

die Buche nicht mehr geeignet sind. In Morgenröthe traten im Winter '93/'94 durch Hasenverbiß erhebliche Schäden auf. 10 % der Buchen wurden auf zwei und weniger Knospen zurückgebissen. Von diesen stark zurückgebissenen Buchen erholte sich nur ein sehr geringer Teil. Es erfolgte eine Nachbesserung. Die Buchen, die noch mehr als zwei Knospen hatten, regenerierten sich sehr gut.

Schäden durch Buchenblattbaumlaus, Schmetterlingsraupenfraß (Spanner) und Rotpustelkrankheit führten an beiden Forstorten nur in geringem Maße zum Absterben der Voranbaupflanzen, hatten aber teilweise eine erhebliche Schwächung zur Folge. Dies wurde besonders auf den vernäbten Parzellen sichtbar.

Die Unterschiede in der Ausfallrate (6 zu 19 %) und in der Mittelhöhe (20 zu 45 cm) zeigen, daß die Tanne in den feuchten, kühleren Hochlagen bessere Wachstumsbedingungen findet als auf den zur Verdichtung neigenden Böden der unteren Lagen. Die Tanne in Taubenbach vegetiert in den Pflanzplätzen teilweise in einem Kellerklima. Sie hält diese Umweltbedingungen aus, wächst aber kaum. Der Ausfall von 19 % ist auf Verdämmen durch Calamagrostis-Grasfilz, der sich im Winter über die Pflanzen legt, zurückzuführen. Die Erhaltung der Tanne erfordert über einige Jahre Kulturpflege.

Entscheidend für das Wachstum ist der Lichtgenuß. Er erweist sich als der begrenzende Umweltfaktor. Das mit der Höhenlage zunehmende Wärmedefizit der Laubbaumarten kann zwar mit einem verbesserten Lichtangebot (Auflichtung) in gewissen Grenzen kompensiert werden, begrenzt aber letztlich den möglichen Anbau.

Ergebnisse von Gasstoffwechsellmessungen

Die Ermittlung der ökophysiologischen Kapazität (Gasstoffwechsellmessungen an ausgewählten Pflanzen) belegen den baumarten- und wuchsgebietsunabhängigen Einfluß der Strahlungsintensität auf die Nettoassimilation. Bei der Photosynthese wird Strahlungsenergie absorbiert. Pflanzen, deren Blätter in den meisten Tagesstunden weniger als das Kompensationslicht für den photosynthetischen Gaswechsel empfangen, gehen zugrunde (relativer Lichtgenuß < 1 %). Als Maß für den Lichtkompensationspunkt wird die Strahlungsintensität bei Gaswechselgleichgewicht (CO_2 -Abgabe durch Atmung = CO_2 -Aufnahme durch Photosynthese) angegeben. Nach den Messungen liegt dieser bei ~ 10 bis 15 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\text{s})$ oder ~ 2 - 3 W/m^2 . Nach dem Überschreiten dieses Punktes steigt die CO_2 -Aufnahme mit zunehmendem Strahlungsangebot linear an. Die Geschwindigkeit der Lichtreaktion ist in diesem Bereich entscheidend für den Gesamtprozeß. Je größer die Quantenausbeute ist, um so steiler ist die Lichtabhängigkeitskurve.

Für Buche und Tanne ergeben sich je Vegetationsperiode und in der Summe der drei Vegetationsperioden annähernd deckungsgleiche Kurven (Abb. 10). Bei sehr starker Strahlung nimmt die Photosyntheseleistung weniger zu, es tritt Lichtsättigung ein (ab $\sim 150 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\text{s})$; $\sim 35 \text{ W}/\text{m}^2$). Sie wird durch enzymatische Vorgänge und das CO_2 -Angebot begrenzt. Als Ausgleichskurve wurde eine einfache Sättigungsfunktion vom Typ $y = a + b \cdot \ln(x)$ benutzt. Für die Baumart Buche in Taubenbach ergibt sich die Funktion $y = -2,59 + 1,132 \cdot \ln(\text{PAR})$. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,69$ (Tanne $r = 0,78$).

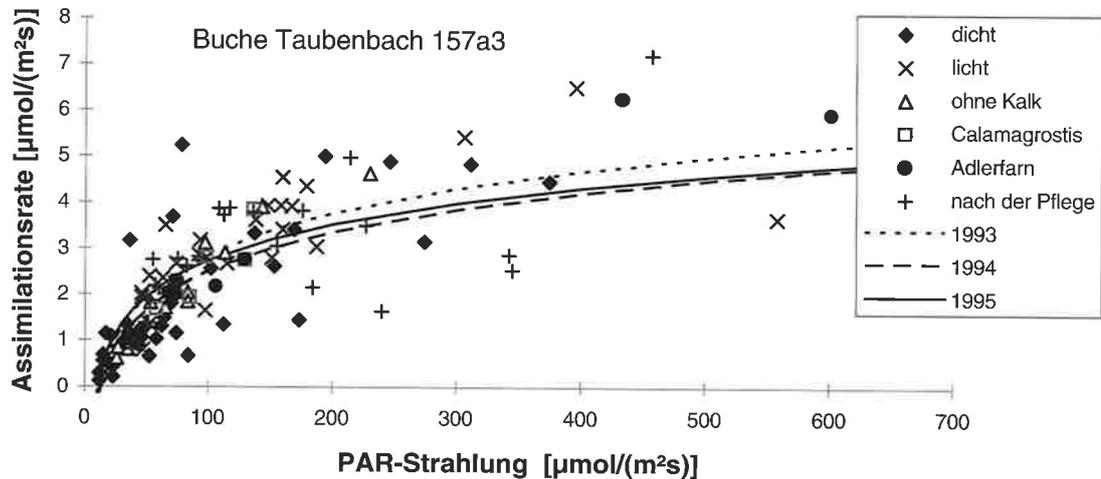


Abb. 10: Abhängigkeit der Assimilationsrate von der PAR-Strahlung und der Umweltsituation des Blattes (u. a. Überschirmung, bedeckt durch Adlerfarn oder Calamagrostis bzw. nach Pflege)

Tageslicht (diffus): $1 \text{ W}/\text{m}^2 = 4,2 \mu\text{mol Photonen}/(\text{m}^2\text{s})$

Tageslicht (sonnig): $1 \text{ W}/\text{m}^2 = 4,6 \mu\text{mol Photonen}/(\text{m}^2\text{s})$

$50 \mu\text{mol Photonen}/(\text{m}^2\text{s}) \sim 11 - 12 \text{ W}/\text{m}^2 \sim 2,8 \text{ klux (400 - 700 nm)}$	◆ 30 % der max. Netto-
$100 \mu\text{mol Photonen}/(\text{m}^2\text{s}) \sim 22 - 24 \text{ W}/\text{m}^2 \sim 5,3 \text{ klux (400 - 700 nm)}$	◆ 50 % assimi-
$200 \mu\text{mol Photonen}/(\text{m}^2\text{s}) \sim 43 - 48 \text{ W}/\text{m}^2 \sim 11 \text{ klux (400 - 700 nm)}$	◆ 60 % lation

Bei Buche deutet sich 1995, in der dritten Vegetationsperiode, die Differenzierung in Licht- und Schattenblätter durch den unterschiedlichen Beschirmungsgrad an. Als Maß dient der Quotient Blattgewicht/Blattfläche. Er nimmt in der Vegetationsperiode ständig zu, ist aber zum gleichen Termin sehr unterschiedlich (Abb. 11).

Lichtblätter besitzen ein gut leitendes Achsensystem, ein vielfach gestaffeltes Mesophyll, chloroplastenreiche Zellen und damit auch einen höheren Trockensubstanzzuwachs. Schattenblätter haben eine große Oberfläche und eine hohe Chlorophyllkonzentration in den Chloroplasten. Bei geringem Wasserumsatz ist ihr Assimilationshaushalt sparsamer. Sie atmen schwächer als Lichtblätter. Sie kompensieren daher auch bei wesentlich geringerer Helligkeit. Sie nutzen schwaches Licht besser aus. Ein Baumsämling existiert bei $5 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\text{s})$. Die phänotypische Anpassung an das Lichtklima des Standorts erfolgt während der Anlage und Ausdifferenzierung der

Assimilationsorgane. Geschwindigkeit und Ausmaß dieser Adaptionsvorgänge sind durch die erbliche Konstitution in einem bestimmten Rahmen vorgegeben. Schattentypen verstärken bei Lichtmangel ihren Schattencharakter. Sie kompensieren daher auch bei wesentlich geringerer Helligkeit, können aber später höheres Lichtangebot nicht ausnutzen.

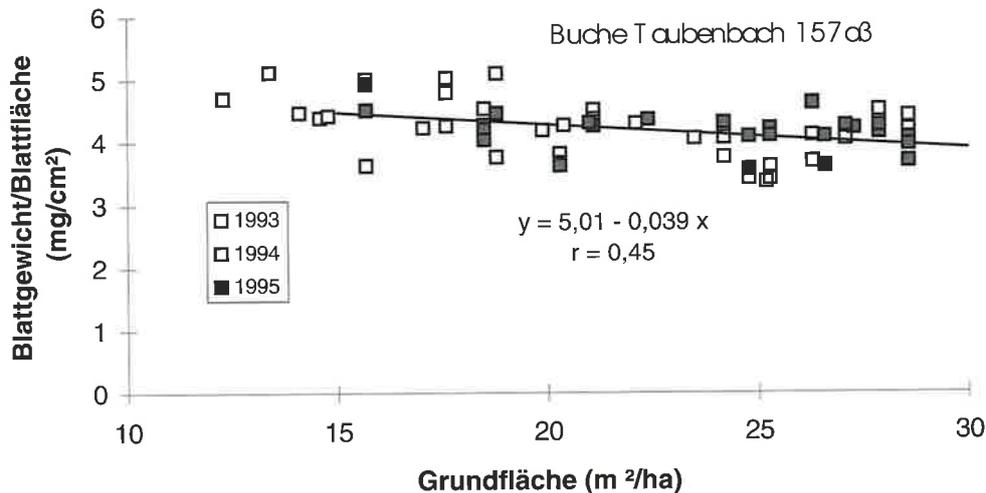


Abb.11: Einfluß der Bestandesdichte (Überschirmung ausgedrückt durch die Grundfläche/Hektar) auf den Quotient Blattgewicht/Blattfläche (Maß für die Differenzierung in Licht- und Schattenblätter)

Der Einfluß des Lichtangebotes auf das Wachstum wird an beiden Forstorten im jüngeren Bestandesteil durch Wuchsstockungen und plagiotropes Wachstum sichtbar. Die Bedrängung der Voranbaupflanzen durch Calamagrostis und /oder Adlerfarn (Abb.10) führt ebenfalls zu einer geringeren Nettoassimilation. Die Bodenvegetation hat in den drei Jahren je nach Auflichtungsgrad um 70 bis 150 % zugenommen. Eine übermäßige Beschattung der Buchen führt zu einer veränderten Kronenmorphologie (Stagnation des Höhenwachstums), die bei Freistellung zum verstärkten Auftreten von gleichlangen Terminaltrieben bis hin zur Zwieselbildung führen kann. Bereits im Jugendstadium wird die Qualität des künftigen Endbestandes beeinflusst.

Folgerungen für den Waldumbau im Mittelgebirge

Das Ziel des **ökologischen Waldbaus** ist auf Stabilität, Elastizität, Diversität und Nischenreichtum gerichtet, und zwar harmonisiert auf ganzer Fläche und bei Wahrung der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen. Naturnahe Bestockungen spiegeln räumliche Variabilität wider. Die Artansprüche und das Ressourcenangebot begrenzen das Vorkommen einer Baumart. Je besser Baumartenansprüche und Wuchsbedingungen übereinstimmen, um so sicherer wird eine Art sich durchsetzen. Natürliche, baumartenspezifische Verbreitungsgrenzen existieren seit Jahr-

hundertern. Sie werden durch die potentiell natürlichen Waldgesellschaften dokumentiert. Menschliche Einwirkungen direkter oder indirekter Art haben die natürliche Baumartenzusammensetzung im sächsischen Mittelgebirgsraum entscheidend verändert. Statt bodensaurer artenarmer Buchenwälder dominieren heute Fichtenforsten.

Die Fichte wird auch künftig die Baumart der Kammlagen bleiben. In den höheren und mittleren Berglagen müssen die Baumarten Weißtanne und Buche wieder verstärkt am Bestandaufbau beteiligt werden. Dominierende Bestandeszieltypen müssen der Fichten-Bergmischwaldtyp und der Buchen-Nadelbaumtyp werden. Für den Waldumbau durch Voranbau lassen sich folgende Schlußfolgerungen ableiten:

- Eine Verjüngung des Bergmischwaldes mit Hilfe der **Pflanzung (aktiver oder passiver Voranbau)** ist möglich.
- Bei der Pflanzung ist unbedingt auf **geeignete Herkunft**, die **Qualität** des verwendeten Pflanzenmaterials und gleichermaßen auf eine **sachgerechte Pflanzung** zu achten.
- Eine Pflanzung **in geschlossene** oder nur gering aufgelichtete **Altbestände** ist sinnlos, da die Pflanzen hier nicht langfristig überlebensfähig sind und auch den erwünschten Wuchsvorsprung nicht erreichen.
- Für die Differenzierung der Wachstumsbedingungen spielt der Faktor **Licht** die maßgebliche Rolle. Gegenüber dem **Lichtangebot** haben Standortfaktoren wie **Höhenlage, Exposition und Bodenverhältnisse** nachgeordnete Bedeutung. Das Lichtangebot kann als einzige der genannten Einflußgrößen durch waldbauliche Maßnahmen spürbar und wiederholt verändert werden.
- Mit zunehmender Höhenlage müssen immer günstigere **Wärmebedingungen** durch Auflichtung geschaffen werden. Je extremer die Standortbedingungen (Klima und Trophie) werden, desto geringer sollte die Überschirmung sein.
- Vorteilhafter für den Aufbau vertikal strukturierter Bestände ist die kleinflächige Variation der **Überschirmung**. Im Lichtschacht ist das Mikroklima günstiger zu beurteilen als bei gleichmäßiger Überschirmung.
- Aus ökologischen und ökonomischen Überlegungen heraus ist eine **Verjüngungsfläche** von 0,1 bis 0,2 Hektar empfehlenswert. Sie sollte aus mehreren Gruppen zu 4 bis 10 Ar oder einem Horst von 11 bis 20 Ar bestehen und nicht mehr als 60 % der Bestandesfläche einnehmen. Rückelinien und Fällbereiche für die Kronen des Oberstandes sind freizulassen.

- Je kleiner die **Verjüngungsfläche** ist, desto stärker sollte der Oberbestand aufgelichtet sein (IRRGANG, 1995B). Das gilt um so mehr, je höher und je dichter der umgebende Bestand ist. Bei Verjüngungsflächen kleiner als 0,1 Hektar ist die Räumung des Oberstandes angeraten.
- Die **Wuchsverhältnisse** zwischen den Baumarten Buche und Tanne können in gleichaltrigen Voranbauten nur schwer durch die Überschildung gesteuert werden. In der Regel ist und bleibt die Buche vorwüchsig.
- Der Wuchsvorsprung der **Tanne** muß durch zeitlich gestaffelte Einbringung der Baumarten erreicht werden.
- Lichtbedürftigere Arten wie **Bergahorn, Esche und Bergulme** sollten truppweise beteiligt werden. Ankommende Naturverjüngung von Bergahorn ist zu fördern. Die Baumarten haben günstige Rückwirkungen auf den Standort und gehören zu den Nebenbaumarten in der natürlichen Waldgesellschaft.
- Das Verjüngungsziel ist bei **gruppen- und horstweiser Mischung** mit vertretbarem Aufwand erreichbar. Die Wuchsbedingungen für die Baumarten sind günstig, negative interspezifische Konkurrenz kann minimiert werden und der Pflegeaufwand hält sich ebenso wie die Kosten für Zaunbau und -erhaltung in Grenzen.
- Die Konkurrenz der **Bodenvegetation** ist ein entscheidender Faktor in der Initialphase. Eine Pflanzung direkt nach dem ersten Verjüngungshieb sichert den notwendigen Wuchsvorsprung vor der sich entwickelnden Bodenvegetation. Dem kann auch durch die Wahl entsprechend großer Pflanzen (> 50 cm) begegnet werden.
- Bei Pflanzplatzvorbereitung empfiehlt es sich, 60 bis 80 cm **große Pflanzen** zu verwenden. Höheren Pflanzenkosten stehen Einsparungen bei der Kulturpflege gegenüber. Voraussetzung sind allerdings eine gute Pflanzenqualität und sachgerecht ausgeführte Pflanzung.
- Als Verjüngungsverfahren für die künstliche Verjüngung empfehlen sich **Femel-, Femel-saum-, (Schirm-) und Lochhieb**. Für die Erreichung von Baumarten- und Strukturvielfalt ist spontane Naturverjüngung zu berücksichtigen und gezielt zu nutzen.
- **Fichtennaturverjüngung** darf nur bei Autochthonie und/ oder Angepaßtheit übernommen werden. Im sächsischen Mittelgebirge sind hinreichend Bestände bekannt, die aus dem Anbau nichtautochthoner Fichte stammen. Für deren Stabilisierung ist **der Voranbau von Fichte unter Fichte** der richtige Weg. Dies muß auch bei Komplettierung verbleibender Verjüngungsfläche nach aktivem Voranbau von Tanne und Buche beachtet werden. Dieser genetische Umbau ist ebenfalls Bestandteil des ökologischen Waldbaus.

- Das **Wasserangebot** in den Klimafeuchtestufen Kf, Hf, und Mf ist für die Voranbaupflanzen Buche und Tanne unkritisch. Dies liegt in der günstigen Niederschlagsmenge und Niederschlagsverteilung begründet und wird unterstützt durch die in der Regel lößhaltigen Bodensubstrate mit hoher Wasserspeicherkapazität.
- Die **Quantifizierung** der Wirkung standortsabhängiger und bewirtschaftungsbedingter **Umwelteinflüsse** auf die Entwicklung der Voranbauten ist mit einem noch in Entwicklung befindlichen Prognosesystem (IRRGANG, 1995A) künftig realisierbar. Für die Baumart Buche kann die Höhenentwicklung nach der Bonität 28 (II,0) der DDR-Buchenertragstafel (DITTMAR ET AL., 1986) prognostiziert werden.
- Die **Weichlaubhölzer** Salweide und Aspe sind in den Hochlagen ein wichtiger Zwischenspeicher im Nährstoffkreislauf. Sie sind unbedingt zu tolerieren.
- Die Herstellung reduzierter **Wildbestände** ist die entscheidende Voraussetzung für ein künftiges Gelingen ohne Zaunschütz.

Bei Beachtung dieser Folgerungen wird mit großer Sicherheit das angestrebte Verjüngungsziel erreicht. Waldumbau zu naturnahen Bestockungen ist ein langfristiger Prozeß. Als Orientierung dient auf der konkreten Fläche der Bestandeszieltyp.

Waldbauliche Strategie für das Mittelgebirge

Die Altersstruktur der Baumartengruppe Fichte im Mittelgebirge (○108 000 ha Waldfläche) verdeutlicht, daß der Anteil der über 70jährigen Bestände verglichen mit der Idealstruktur bei einer Umtriebszeit von 110 relativ ideal ist und damit in den **nächsten 50 Jahren** für **ca. 40 000 Hektar** Fichtenforsten Überlegungen zu Verjüngungsmaßnahmen im Sinne des Waldumbaus anstehen. Unter Beachtung der Bestockungsdichte wird deutlich, daß bereits 50 % dieser Bestände (ca. 9 000 ha in den Hoch- und Kammlagen und 11 000 ha in den mittleren Berglagen) mehr oder weniger stark verlichtet sind und Volumenschlußgrade unter 0,8 aufweisen. In den meisten Beständen kann sofort unter Beachtung des künftigen Bestandeszieltyps auf einem Teil der Fläche über passiven Voranbau mit dem Einbringen von Schattbaumarten begonnen werden. Der Zeitraum für die Verjüngung der Gesamtfläche richtet sich nach dem Erreichen der Zieldimension. Erst wenn diese erreicht ist, ist über aktiven Buchen-Voranbau nachzudenken und unter Einbeziehung von Fichten-Naturverjüngung der Rest der Fläche zu verjüngen. Die Anteile der Baumarten an der Verjüngungsfläche sind von Höhenlage und Standort abhängig. Für die Beurteilung des Gefährdungsgrades eines Bestandes und damit die Quantifizierung seiner Hiebsdringlichkeit stellt Abbildung 12 eine Hilfe dar. Mittels einfacher Ja-Nein-Entscheidungen wird die zu empfehlende Maßnahme festgelegt.

Die Erziehung von artenreichen, möglichst ungleichaltrigen und stufigen Bergmischwaldbeständen ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Der ökologisch begründete **Waldumbau** ist historisch und immissionsbedingt notwendig. Unter einigermaßen günstigen standörtlichen (terrestrische Standorte) und bestandesstrukturellen Voraussetzungen erscheint es in den Höhenlagen von 450 bis 800 m ü. NN machbar, hiebsreife und -dringliche fichtendominante Baumhölzer in wenigen Jahrzehnten in plenterartige Strukturen zu überführen. Dabei müssen die vier **Elemente Voranbau, Vorratspflege, Zielstärkenutzung und Naturverjüngung** geschickt miteinander verknüpft werden. Denn ein Gelingen setzt die Beachtung der Ansprüche und Reaktionsnormen der Baumarten, die gezielte Lenkung der natürlichen Wachstumsabläufe mit sparsamen Mitteln, die Förderung der individuellen Vitalität und Stabilität bei gleichzeitiger Ausschöpfung des Zuwachspotentials, die Erreichung einer hohen Qualität, Einzelstammpflege und -nutzung voraus.

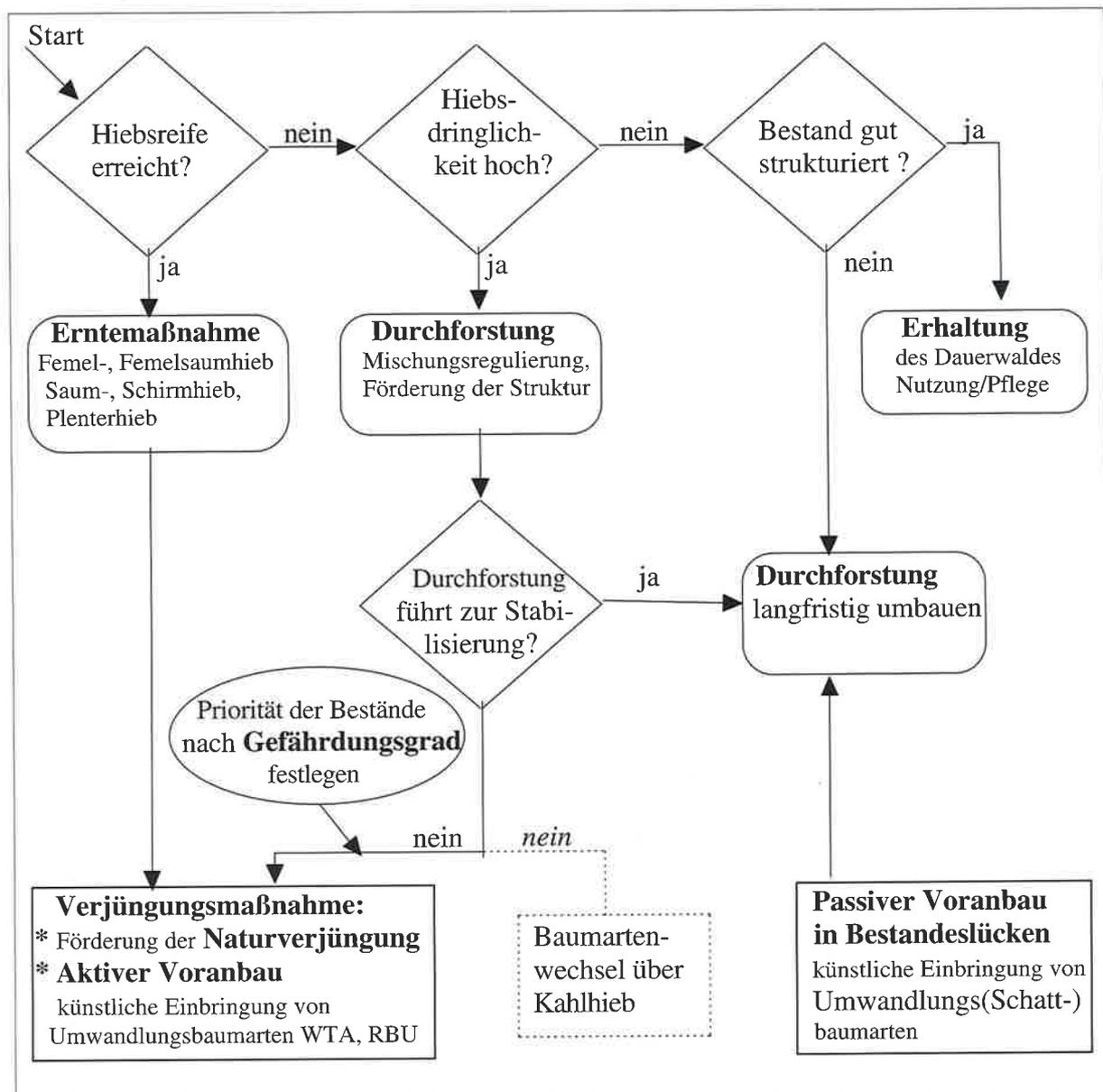


Abb. 12: Waldbauliche Strategie zur Überführung - Auswahl der Nadelholzbestände für den Waldumbau (GEROLD, 1995)

Die Annäherung an das Ziel ist ein langfristiger Prozeß, der nur dann gelingen wird, wenn zur rechten Zeit das Richtige getan wird. Jedes Bemühen um eine deutliche Annäherung der jetzigen Fichtenforsten an die Vielfalt der natürlichen Waldökosysteme ist ein Ausdruck ökologischer Verantwortung und ökonomischer Weitsicht.

Literatur

- GOLDSCHMIDT, J. (1950): DAS KLIMA VON SACHSEN. - AKADEMIE-VERLAG BERLIN.-
- DITTMAR, O.; KNAPP, E.; LEMBCKE, G (1986): *DDR-Buchenertragstafel 1983*. - Eberswalde: Inst. Forstwissenschaften 1986. - 57 S. (IFE-Berichte aus Forschung und Entwicklung, 4)
- DITTRICH, K. (1985): Realistische Zielstrukturen forstlicher Betriebsklassen auf der Grundlage langfristiger Waldentwicklung - ein Beitrag zur Objektivierung der Nachhaltregelung. - TU Dresden, Sektion Forstwirtschaft Tharandt, Forschungsbericht, 3 Bd. - 462 S.
- GEROLD, D. (1995): Waldumbau - Entscheidungshilfen. - Sächs. Landesanstalt für Forsten, Projekt "Umbau Fichte".- 16 S. (*unveröff.*)
- HUNGER, W.(1992): DIE BÖDEN SACHSENS. - SERIE: LANDESKUNDE VON SACHSEN. - SÄCHS. HEIMATBLÄTTER H. 2. - S. 91 - 98
- IRRGANG, S. (1995A) : Untersuchungen und waldbauliche Schlußfolgerungen zur Waldökosystemdynamik. - 20 S. (*unveröff.*, im Druck)
- IRRGANG, S. (1995B): Forschungskonzept zum Waldumbau an der LAF. - Vortrag in Pillnitz anlässlich des Kolloquiums am 16.11.1995.
- KOPP, D.; SCHWANECKE, W. (1991): FORSTLICHE WUCHSGEBIETE DER OSTDEUTSCHEN LÄNDER. - DER WALD 41, 11.- S. 388 - 389
- KURTH, H.; GEROLD, D.; DITTRICH, K. (1987): Reale Waldentwicklung und Zielwald - Grundlagen nachhaltiger Systemregelung des Waldes. - Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden 36, 5. - S. 121 - 137
- SÄCHS: LANDESANSTALT FÜR FORSTEN GRAUPA (1994A): Jahresbericht 1993 der Sächsischen Landesanstalt für Forsten. - 172 S.
- SÄCHS: LANDESANSTALT FÜR FORSTEN GRAUPA (1994B): Zuordnung der potentiell natürlichen Waldgesellschaften Deutschlands nach Prof. Dr. P. A. Schmidt zu den Stamm-Standortsformengruppen der Standortserkundung in Sachsen.- Bearbeiter: Drechsler, Bereich Forstplanung, 1994. - 65 S. (*unveröff.*)
- SCHMIDT, P. A. (1995): Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften Deutschlands. - Sächs. Staatsministerium für Landwirtschaft. - Schriftenreihe der Sächs. Landesanstalt für Forsten Graupa 4/95. - 95 S.
- SCHWANECKE, W. (1991): Standort und Bestockung im Bereich von Mittelgebirge und Hügelland im Freistaat Sachsen. - (*unveröff.*)
- SCHWANECKE, W. (1992A): Forstliche Wuchsbezirke. - Forstliche Wuchsbezirke im Mittelgebirge und Hügelland der ostdeutschen Länder. - Der Wald Berlin 42, 6. - S. 204 - 207
- SCHWANECKE, W. (1992B): Forstliche Wuchsbezirke. - Regionale natürliche Baumartenzusammensetzung der Wälder nach Wuchsbezirken im Mittelgebirge und Hügelland Sachsen-Anhalts, Thüringens und Sachsens. - Der Wald Berlin, 42, 10.- S. 364 - 365

Entwicklung naturnaher Waldstrukturen unter Berücksichtigung der natürlichen Verjüngung der Fichte

Stephan Schusser, Sächs. Forstamt Schönheide

Einleitung

Der naturnahe Waldbau hat spätestens seit dem Wirken von Spindler in Carlsfeld im West-erzgebirge Tradition. Diese Tradition hat auch die für den Waldbau schweren Zeiten der einseitigen Nutzungs- und Jagdideologie überdauert. Ich freue mich deshalb heute, Ihnen von unseren Erfahrungen bei der Entwicklung naturnaher Waldstrukturen berichten zu dürfen.

Zum besseren Verständnis erlaube ich mir, Ihnen das Forstamt Schönheide in Stichpunkten kurz vorzustellen:

Kurzcharakteristik des Forstamtes Schönheide

Lage:	Westerzgebirge, Landkreis Aue - Schwarzenberg
angrenzende Forstämter:	Eibenstock Klingenthal Eich Lauter Leibnitz Bundesforstamt Erzgebirge
Waldfläche:	6275 ha Holzbodenfläche davon: 5633 ha Landeswald 642 ha Privatwald, Treuhandwald und Kommunalwald
Höhenlage:	445 - 840 m ü. NN; Ø 650 m ü. NN (überwiegend Mittlere Berglagen und nur 400 ha Hochlagen)
Niederschläge:	800 - 1000 mm pro Jahr
Jahresdurchschnittstemperaturen:	5,0 - 6,0° C
Grundgestein:	Eibenstocker Turmalingranit; z .T. Phyllit
häufigste Bodentypen:	Podsole, Braunpodsole
Standorte:	terrestrische Standorte 85 % (Z 2, Z 3) organische und mineralische Naßstandorte 13 %
Typ. Stamm - Standortsgruppen:	Mf-Z2; Mf-Z3; Mf-NZ2, Mf-OI

- Natürliche Waldgesellschaften: Bergmischwald (Buche, Tanne, Fichte, Bergahorn)
Luzulo - Abieti -Fagetum mit Übergängen zum Piceetum
- ursprüngliche Baumartenanteile:
um 1591 (nach Kienitz)
- | | | | |
|--------|------|----------|-----|
| Buche | 24 % | | |
| Tanne | 28 % | | |
| Fichte | 34 % | | |
| Kiefer | 8 % | sst. LbH | 6 % |
- Baumartenanteile 1990:
- | | | | |
|----------------|-------|---|------|
| Fichte | 90 %) | | |
| Höhenkiefer | 3 %) | | |
| Lärche | 3 %) | | |
| sst. Nadelholz | 1 %) | S | 97 % |
| Rotbuche | 2 %) | | |
| sst. Laubholz | 1 %) | S | 3 % |
- Trinkwasserschutz: - von hervorgehobener Bedeutung
- 80 % des Forstamtes liegen im Trinkwasserschutzgebiet der Talsperren Eibenstock und Sosa
- Bereitstellung von 40 Mio m³/Jahr für ca. 1 Mio Menschen in den Ballungsräumen Aue, Zwickau, Chemnitz
- Zusammenhang Wasserqualität - Waldumbau (Toxizität von Al und Fe - Ionen)
- Bei einer Bewertung von 2,00 DM/m³ Trinkwasser ergibt sich eine Summe von 80 Mio DM/Jahr. Dies sollte in die Beurteilung forstwirtschaftlicher Leistungen einbezogen werden, um die Diskussion über Defizite zu entkräften.
- Altersklassenverteilung: - verschoben
- 30 - 50 jährige Bestände überdimensioniert mit 33 % Flächenanteil (ca. 2000 ha)

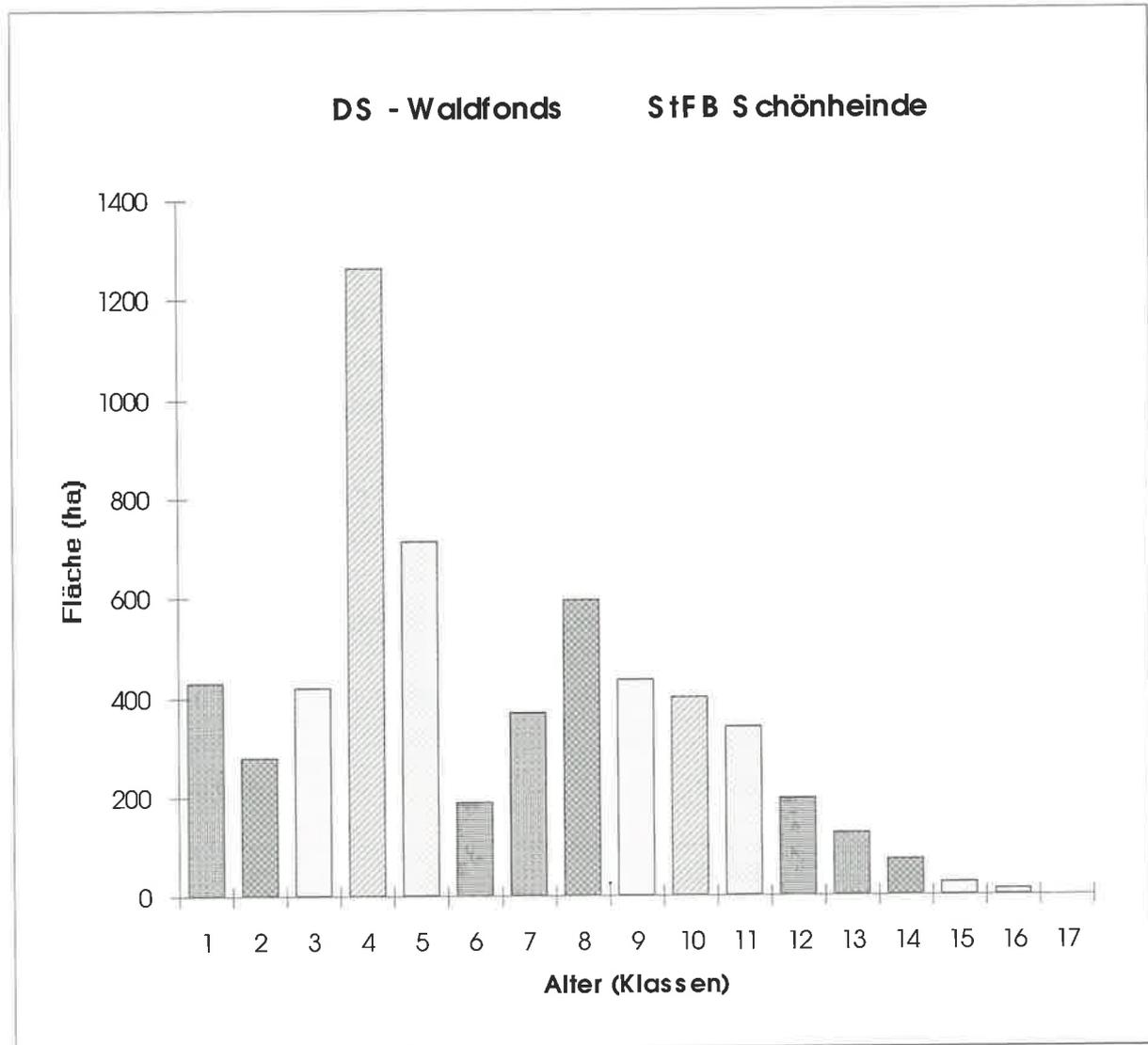


Abb. 1: Altersstufenstruktur (Landeswald / alle Baumarten)

Einige Gedanken zum Waldumbau seit 1991:

Der Anteil naturnaher Waldstrukturen konnte innerhalb von nur fünf Jahren dank veränderter Rahmenbedingungen nahezu verdoppelt werden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Aufbau naturnaher Mischbestände.

Eine erste Zielstellung ist es, mittelfristig auf ca. 50 % der Forstamtsfläche die Buche ohne Zaun begründen zu können. Weniger Zaunbau wäre auch kurzfristig möglich, wenn wir den Waldumbau zeitweise nicht im Bereich des ganzen Forstamtes, sondern in ausgewählten, zusammenhängenden Komplexen betreiben würden. So z. B. in geeigneten Revierteilen in benachbarten Beständen bei Größenordnungen von 20 - 50 ha gleichzeitig. Die Forsteinrichtung sollte im Interesse der Kosteneinsparung solche Überlegungen probeweise einarbeiten. Mit entsprechender Schwerpunktbejagung wären geringe Verbißschäden zu erwarten. Bei zu kleinen Flächen kommt es häufiger zu Mißerfolgen. Ebenso ist auch der kleinflächige Voranbau in unseren großen Fichtenkomplexen trotz geringen Wildbestandes nahezu unmöglich. Dieser wird erst bei besserer Ausstattung der Biotope mit Weichlaubhölzern und ausreichend Krautflora gelingen.

Einige Bemerkungen zur Fichte in naturnahen Strukturen:

Im Eibenstocker Raum hat die Naturverjüngung der Fichte spätestens seit dem Wirken Spindlers Tradition. Viele unserer heutigen Bestände sind aus Naturverjüngung hervorgegangen, darunter auch ca. 250 ha mehrschichtige, strukturierte Bestände. Diese den Forstmann begeisternden Waldbilder mit über 100 jährigen Altholzschirmen und differenziertem Zwischenstand wollen wir vorrangig weiterentwickeln. Schrittweise werden offensichtlich faule Bäume des Oberstandes sowie alle rotwildgeschälten Fichten des Zwischen- und Unterstandes entnommen. Eingebrachte Klimaxbaumarten (WTA, RBU, BAH) in geringen Stückzahlen bilden die Grundlage für künftigen Mischwald. Das Ziel dieser Maßnahmen ist eine plenterartige Bewirtschaftung in naturnaher Strukturen mit hoher Zuwachs- und Wertleistung.

Bei der Fichte ist die Naturverjüngung bereits zum Regelverfahren geworden, während es bei der Buche, da nur 10 ha Altbuchen vorhanden sind, noch eine Generation dauern wird. Fichtenverjüngung kann man auf Grund vorangegangener Samenjahre bis auf Calamagrostis - Flächen in fast allen geeigneten Beständen antreffen. Vor Wildverbiß ist heute kein Schutz mehr erforderlich.

Für das Gelingen unserer meisten Buchenvoranbaubestände ist ausreichend Fichten- naturverjüngung als Unterfütterung dringend erforderlich, da bei den geringen Pflanzenzahlen sonst keine qualitativ hochwertigen Buchen zu erziehen sind.

Im Rahmen der ÖWP wurden 150 ha Fichtennaturverjüngung geplant. Heute muß eingeschätzt werden, daß ein Vielfaches davon zu erwarten ist. Teilweise überrollt uns das Tempo der Verjüngung. Besonders auf verjüngungsfreudigen Standorten wird es problematisch, die Buche rechtzeitig einzubringen. Deshalb soll über Heister ein Buchenanteil von wenigstens 10 % erzielt werden. Teure Verbißschutzmaßnahmen wirken dabei begrenzend. Es muß jedoch verhindert werden, daß neue Fichtenreinbestände in Größenordnungen entstehen.

Für eine Fichtennaturverjüngungswirtschaft sind bestimmte Voraussetzungen erforderlich. Davon sollen vor allem die Herstellung walddverträglicher Wilddichten, Standortgrundlagen, Herkunftsfragen sowie ein stabiler Kronenaufbau von Jugend an erwähnt werden. Stabile Kronen fördern die Fruktifizierung und erhalten waldbauliche Freiheiten. Rechtzeitige und kontinuierliche Pflegeeingriffe, wie sie die jetzige Waldbaurichtlinie aufzeigt, sind eine gute Grundlage hierzu. Viele unserer heutigen Althölzer, die nicht so behandelt wurden, sind auf eine kahl-schlagfreie Umwandlung nicht ausreichend vorbereitet.

Die Beachtung von Herkunftsfragen wird bei der Fichte in der Praxis meist unterschätzt. Zweifelhafte Bestände sollten deshalb mit autochthonen Pflanzen aus unseren Forstbaumschulen verjüngt werden. Hervorragende Pflanzen Carlsfelder Hochlagenherkünfte sind ausreichend vorhanden. Eine weitere wichtige Grundvoraussetzung für die Naturverjüngungswirtschaft ist die drastische Reduzierung des Rotwildes. Auch noch so schöne stufige Bestände sind wertlos, wenn sie von Rotwild geschält werden.

Nicht vergessen werden sollte auch ein guter technologischer Aufschluß mit Rückegassen, da sonst Rückeschäden vorprogrammiert sind. Hier besteht in der Praxis teilweise noch großer Lernbedarf. Die Beachtung standörtlicher Voraussetzungen stellt eine wesentliche Grundlage für die Naturverjüngungswirtschaft dar. So muß z. B. auf MZ 3 - Standorten nach Samenjahren mit Licht nachgeholfen werden, wo man gleichzeitig bei Mf-Z 1-2 oder NZ - Standorten besser über Schirmstellung bremst, um die Verjüngung nicht zu zeitig zu fördern. Naturnahe Strukturen wollen wir auch auf dem Wege der Durchforstung schaffen.

In ungeschälten Fichtenbeständen beginnen wir probeweise mit Strukturdurchforstung im Sinne Reiningers, um Erfahrungen zu sammeln, die später großflächiger angewendet werden könnten. Starke Jungdurchforstungen führen wir in den geschälten Beständen heute meist mit Selbstwerbungsfirmen durch. In diesem Jahr werden es ca. 10 000 m² sein. Das entspricht ca. 35 % des Holzeinschlages im Forstamt. Die Vorteile dieser Maßnahme liegen nicht nur auf dem Gebiet der Erlöse, sondern auch in waldbaulicher Hinsicht. Durch die Entnahme des geschälten Unterstandes und starke Eingriffe in den Oberstand kommt es teilweise zu Lichtstellungen, wodurch sich Naturverjüngung einstellt. Starker Lichtzuwachs beschleunigt außerdem den Zeitpunkt des Umbaus. Auf Grund meist starker Fäule sollte mit dem Waldumbau spätestens im Alter von 70 - 80 Jahren begonnen werden.

Erlauben Sie mir, einige, aus meiner Sicht wichtige Aspekte zusammenzufassen. Die Fichte bleibt die wichtigste Baumart im Bergmischwald. Sie läßt sich ökonomisch günstig verjüngen und wird von der Industrie benötigt. Fragen der Herkunft, kontinuierliche Kronenpflege und sachgemäßer Bestandaufschluß sind stärker zu beachten.



Sächsische Landesanstalt für Forsten